



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE  
INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES  
Y PUERTOS DE A CORUÑA



FUNDACIÓN DE LA  
INGENIERÍA CIVIL  
DE GALICIA



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

**Proyecto Fin de Grado**

## **MEJORA DE LOS MÁRGENES Y PASARELA SOBRE EL RÍO CALDO – CONCELLO DE LOBIOS (OURENSE)**

*IMPROVEMENT OF THE BANKS AND PEDESTRIAN BRIDGE OVER THE RIVER CALDO – MUNICIPALITY OF LOBIOS (OURENSE)*



Autor: *José Luis Rodríguez Rodríguez*

**JUNIO 2016**

Grado en Tecnología de la Ingeniería Civil  
E.T.S. INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS DE A CORUÑA



# ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

## DOCUMENTO Nº1: MEMORIA

- A) MEMORIA DESCRIPTIVA
- B) MEMORIA JUSTIFICATIVA
  - ANEJO 01: ANTECEDENTES Y OBJETO
  - ANEJO 02: CARTOGRAFÍA Y TOPOGRAFÍA
  - ANEJO 03: LEGISLACIÓN Y NORMATIVA
  - ANEJO 04: GEOLOGÍA
  - ANEJO 05: GEOTECNIA
  - ANEJO 06: HIDROLOGÍA
  - ANEJO 07: HIDRÁULICA
  - ANEJO 08: ESTUDIO DE ALTERNATIVAS
  - ANEJO 09: PLANEAMIENTO
  - ANEJO 10: SERVICIOS AFECTADOS
  - ANEJO 11: EXPROPIACIONES E INDEMNIZACIONES

## DOCUMENTO Nº2: PLANOS

- 1. SITUACIÓN
- 2. EMPLAZAMIENTO
- 3. SITUACIÓN ACTUAL Y UBICACIÓN PASARELA
- 4. PLANTA GENERAL
- 5. DEFINICIÓN PASARELA
- 6. CAMINOS A REHABILITAR
- 7. MOBILIARIO URBANO
- 8. FIRMES Y BARANDILLAS

## DOCUMENTO Nº3: PRESUPUESTO

- 1. MEDICIONES
- 2. CUADRO DE PRECIOS Nº1
- 3. PRESUPUESTO
- 4. RESUMEN DEL PRESUPUESTO



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE  
INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES  
Y PUERTOS DE A CORUÑA



FUNDACIÓN DE LA  
INGENIERIA CIVIL  
DE GALICIA



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

**José Luis Rodríguez Rodríguez**  
**JUNIO 2016**

# **-Documento Nº1-**

## **MEMORIA**



# ÍNDICE

## A) MEMORIA DESCRIPTIVA

## B) MEMORIA JUSTIFICATIVA:

ANEJO 01: ANTECEDENTES Y OBJETO

ANEJO 02: CARTOGRAFÍA Y TOPOGRAFÍA

ANEJO 03: LEGISLACIÓN Y NORMATIVA

ANEJO 04: GEOLOGÍA

ANEJO 05: GEOTECNIA

ANEJO 06: HIDROLOGÍA

ANEJO 07: HIDRÁULICA

ANEJO 08: ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

ANEJO 09: PLANEAMIENTO

ANEJO 10: SERVICIOS AFECTADOS

ANEJO 11: EXPROPIACIONES E INDEMNIZACIONES





ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE  
INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES  
Y PUERTOS DE A CORUÑA



FUNDACIÓN DE LA  
INGENIERIA CIVIL  
DE GALICIA



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

**José Luis Rodríguez Rodríguez**  
**JUNIO 2016**

# **-MEMORIA DESCRIPTIVA-**

**Mejora de los márgenes y pasarela sobre el Río Caldo – Concello de Lobios (Ourense)**



# ÍNDICE

## 1. ANTECEDENTES

- 1.1. INTRODUCCIÓN
- 1.2. SITUACIÓN GEOGRÁFICA
- 1.3. PROBLEMÁTICA DETECTADA

## 2. OBJETO DEL PROYECTO

## 3. CARTOGRAFÍA Y TOPOGRAFÍA

## 4. LEGISLACIÓN Y NORMATIVA

## 5. GEOLOGÍA Y GEOTECNIA

- 5.1. GEOLOGÍA
- 5.2. GEOTECNIA

## 6. HIDRÁULICA E HIDROLOGÍA

- 6.1. HIDROLOGÍA
- 6.2. HIDRÁULICA

## 7. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

- 7.1. UBICACIÓN EN PLANTA
- 7.2. MATERIALES A EMPLEAR
- 7.3. TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL

## 8. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

## 9. PLANEAMIENTO

## 10.SERVICIOS AFECTADOS

## 11.EXPROPIACIONES E INDEMNIZACIONES

## 12.PRESUPUESTO



## 1. ANTECEDENTES

### 1.1. Introducción

La realización del presente anteproyecto, con título *“Mejora de los márgenes y pasarela sobre el Río Caldo – Concello de Lobios (Ourense)”*, es requisito formal para la obtención del título de Graduado en Tecnología de la Ingeniería Civil por la Universidade de A Coruña.

El carácter académico de este proyecto implica que algunos de los datos, especialmente los referidos a geología, geotecnia y topografía, sean simulados aunque pretenden ser coherentes con la información recabada de proyectos realizados en la zona y con lo observado en campo.

### 1.2. Situación geográfica

La zona de estudio se encuentra ubicada en la parroquia de Riocaldo, en el Término Municipal de Lobios, comarca de A Baixa Limia, al suroeste de la provincia de Ourense, a 70 kilómetros de la capital provincial.

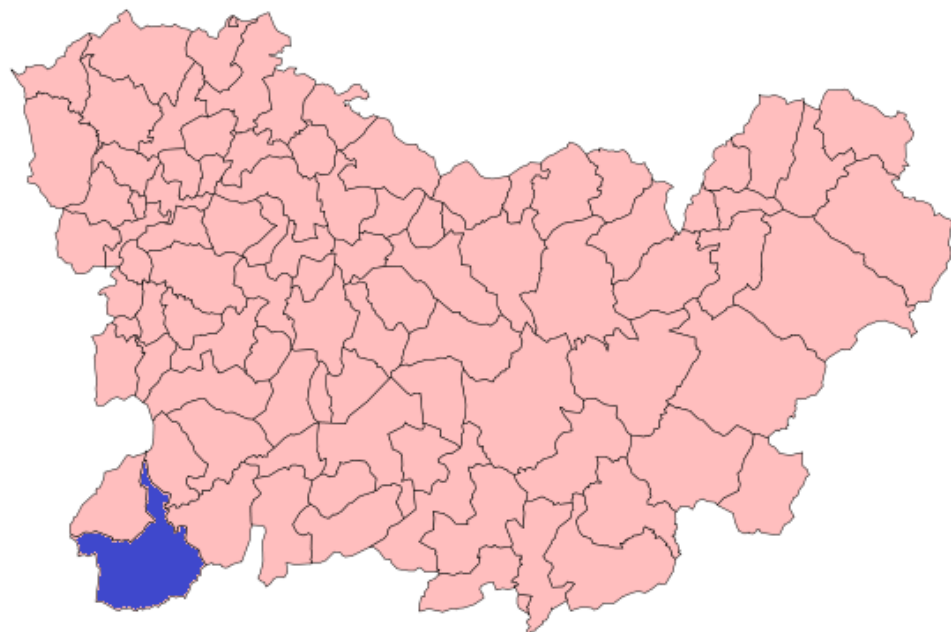


Figura 1. Situación de Lobios en la provincia de Ourense.

Se trata de una zona que se caracteriza por su importancia natural y termal, formando parte del Parque Natural Baixa Limia – Serra do Xurés, limítrofe con el portugués Parque Nacional Peneda – Gerês, conformando uno de los espacios naturales más importantes de Europa.

### 1.3. Problemática detectada

El paso existente en la actualidad sobre el río Caldo no cumple las condiciones definidas en la *Orden Ministerial VIV/561/2010, de 1 de febrero, por la que se desarrolla el documento técnico de condiciones básicas de accesibilidad y no discriminación para el acceso y utilización de los espacios públicos urbanizados*, tanto en materia de accesibilidad, constando de una anchura libre de paso inferior a 1.80 m que no garantiza el giro, cruce y cambio de dirección de las personas independientemente de sus características o modo de desplazamiento, como en materia de seguridad, ante la ausencia de barandillas en dicho paso, lo que ya ha provocado lesiones al producirse caídas al cauce del río.



Fotografía 1. Paso actual sobre el río Caldo.



Debido a la precariedad de este paso, los usuarios se ven obligados a extremar las precauciones a la hora de cruzar de uno a otro lado del río, debiendo atravesarlo en fila, con la imposibilidad de cruzar dos personas en cada sentido ante la ausencia de ancho y constituyendo una auténtica barrera para las personas de movilidad reducida.

## 2. OBJETO DEL PROYECTO

La zona termal de los Baños de Río Caldo, que cuenta con un balneario y una piscina termal pública en la playa fluvial, y las numerosas rutas que recorren el Parque Natural Baixa Limia – Serra do Xurés, hacen de Lobios un entorno único para disfrutar de la naturaleza, lo que le permite recibir un gran número de turistas durante todo el año.

Por lo tanto, ante la problemática detectada en la zona y con la finalidad de que ésta continúe creciendo como un referente termal en la provincia, los objetivos del presente anteproyecto consisten en:

- Mejorar los elementos y servicios ofrecidos en el entorno fluvial, tanto para los habitantes de la zona como para los numerosos turistas que la visitan, mejorando las condiciones de accesibilidad y seguridad, y la no discriminación en el acceso y utilización del entorno por parte de personas de movilidad reducida.
- Mejorar la comunicación existente para el tráfico peatonal entre ambos márgenes, que permita la unión de forma directa de los núcleos rurales de Bubaces y Torneiros con los Baños de Río Caldo, actualmente basada en el puente de la carretera OU-312 y en el paso peatonal comentado previamente.
- Evitar el riesgo que existe hoy en día en la zona para cruzar el río por parte de los peatones, ya que no existen pasos habilitados cercanos, tan sólo a través del puente de la carretera OU-312, el cual no dispone de aceras, constituyendo un gran problema para los peatones la falta de seguridad al mezclar el tráfico rodado con el peatonal.

- Mejorar la seguridad para evitar el riesgo de lesiones a la hora de cruzar el cauce del río Caldo, ante la ausencia de barandillas en el paso actual y las numerosas quejas debidas a tal motivo, ya que existen numerosos precedentes de caídas al cauce con lesiones que han acabado en denuncias contra la administración local y en sus correspondientes indemnizaciones.

Por tanto, con el fin de conseguir los anteriores objetivos, se proponen las siguientes actuaciones en la zona de proyecto:

- Construcción de una pasarela peatonal que permita comunicar ambos márgenes del río Caldo en las condiciones óptimas de seguridad y comodidad, establecidas en la *Orden Ministerial VIV/561/2010, de 1 de febrero, por la que se desarrolla el documento técnico de condiciones básicas de accesibilidad y no discriminación para el acceso y utilización de los espacios públicos urbanizados*.
- Colocación de farolas que permitan una correcta iluminación de la zona, muy deficiente en la actualidad, además de la incorporación de mobiliario urbano tal que bancos y papeleras que mejoren la visión del entorno.

El aumento de la comodidad y de la seguridad para los usuarios del entorno termal, además de la mejora de la accesibilidad para la no discriminación de las personas de movilidad reducida, son puntos claves que permitirían un mayor desarrollo turístico y económico de la zona, beneficiando tanto a los propios visitantes como a los habitantes del lugar.

## 3. CARTOGRAFÍA Y TOPOGRAFÍA

Dada la naturaleza académica del proyecto, no se han realizado estudios topográficos, ni de campo que verifiquen el correcto estado de la cartografía, aunque sí se ha visitado en diversas ocasiones la zona de proyecto, para comprobar la adecuación de los planos de trabajo a la realidad actual de la zona.





La cartografía base utilizada ha sido facilitada por la Escuela de Caminos Canales y Puertos de la Universidad de A Coruña en soporte digital a escala 1:5000, con cotas de nivel cada 5 metros.

Considerando el carácter académico del anteproyecto, no se ha considerado necesario actualizar dicha cartografía ya que la existente es suficientemente reciente y coincide con lo observado en campo.

## 4. LEGISLACIÓN Y NORMATIVA

En el *ANEJO 03: LEGISLACIÓN Y NORMATIVA* se va a analizar la distinta normativa que se debe tener en cuenta a la hora de la redacción del presente anteproyecto.

Se tratará, por una parte, la normativa de la Confederación Hidrográfica Miño – Sil, y por otra, la normativa correspondiente a criterios de accesibilidad.

## 5. GEOLOGÍA Y GEOTECNIA

### 5.1. Geología

El objetivo del ANEJO 04: GEOLOGÍA es determinar las características geológicas del terreno en el que se encuentra la zona de proyecto.

Los datos de la zona que se aportan a continuación han sido obtenidos a partir del Mapa Geológico Nacional a escala 1/50.000 del Instituto Geológico y Minero de España (IGME) - Hoja 301 (Lobios). En el Apéndice de este anejo se adjunta el Plano Geológico, donde se puede consultar el mapa que sirve de base para este estudio.

Al mismo tiempo, se hará referencia al contexto geológico de toda Galicia. Además de dicha información, se han completado los datos obtenidos por el IGME con extrapolaciones realizadas a partir de estudios realizados para proyectos en la zona.

### 5.2. Geotecnia

Se estudiará el comportamiento mecánico del subsuelo en el entorno de emplazamiento del proyecto. Se tratará de estudiar las tensiones y deformaciones que el suelo experimenta bajo estados de carga y que proporciona la información necesaria para determinar el tipo y dimensionamiento de las infraestructuras a construir.

Para determinar la aptitud del terreno es necesario estudiar una serie de aspectos fundamentales, como son la topografía y la morfología, formaciones litológicas blandas y consolidadas, así como sus características mecánicas, niveles freáticos y posibilidades de drenaje; y otra serie de factores secundarios, como la climatología, sismología y la existencia o no de recursos naturales, como son el agua, la vegetación, los materiales rocosos, etc.

Es necesario tener en cuenta el carácter académico del presente Anteproyecto Fin de Grado, razón por la cual no ha sido posible llevar a cabo, sobre el terreno, una campaña de sondeos y ensayos de laboratorio por lo que los resultados del presente estudio (aunque debidamente fundamentados) no tienen por qué corresponderse con la realidad y no deben utilizarse para otro fin que no sea el académico; se han obtenido basándose en otros proyectos o datos reales de zonas próximas.

## 6. HIDRÁULICA E HIDROLOGÍA

### 6.1. Hidrología

En el ANEJO 06: HIDROLOGÍA se obtendrán los caudales de avenida del río Caldo para distintos períodos de retorno, con el objetivo de ejecutar un modelo del río el cual nos permita analizar su comportamiento actual.





En el anejo se tratarán distintos métodos para llegar a los resultados finales.

En nuestro caso aplicaremos el uso del método racional para conseguir los siguientes resultados:

Método	Q <sub>T</sub> (m <sup>3</sup> /s)							
	Q <sub>2</sub>	Q <sub>5</sub>	Q <sub>10</sub>	Q <sub>25</sub>	Q <sub>50</sub>	Q <sub>100</sub>	Q <sub>200</sub>	Q <sub>500</sub>
Racional+Q <sub>m</sub>	32.74	63.82	90.52	131.48	167.91	209.32	255.36	320.17

## 6.2. Hidráulica

Se realizará un análisis del comportamiento hidráulico del río Caldo en la zona de proyecto.

Para ello, se ha realizado un modelo hidráulico del río por medio del programa informático HEC-RAS versión 4.1.0.

Este programa ha sido desarrollado por el Centro de Ingeniería Hidrológica (Hydrologic Engineering Center) del cuerpo de ingenieros de la armada de los EE.UU (US Army Corps of Engineers). El modelo numérico incluido en el programa permite realizar análisis del flujo permanente y no permanente unidimensional gradualmente variado en lámina libre.

La eficacia y los efectos de las obras proyectadas se obtendrán por medio del análisis de los resultados obtenidos del programa, de los que se desprende la importancia de dicho modelo.

El objetivo primordial del programa HEC-RAS es, simplemente, calcular la cota de agua en los puntos de interés en función del caudal circulante a lo largo del río o canal. Los datos básicos que precisa el modelo incluyen el régimen del flujo (lento o rápido), la cota del agua en la primera sección transversal, el caudal circulante, los coeficientes de rugosidad, la geometría de las secciones transversales y la distancia entre ellas.

Se proponen tres modelos diferentes para poder ubicar la pasarela fuera de la zona de flujo preferente.

El primero de ellos corresponde a la situación actual y en él no se realiza ninguna actuación complementaria.

En el segundo modelo se propone la construcción de un muro de un metro de alto en un tramo de 65 metros aguas arriba, el cual ayuda a reducir la zona de flujo preferente aguas abajo de este muro.

En el modelo se obtienen los resultados de las secciones transversales del tramo para la avenida de diseño de periodo de retorno de 100 años. Tomaremos esta avenida como referencia, quedándonos del lado de la seguridad, ya que la zona de flujo preferente será menor que la zona proporcionada por esta avenida al exigirse que el calado o la velocidad sean mayores que 1 m ó 1 m/s, respectivamente, o bien que el producto de ambas variables sea superior a 0,5 m<sup>2</sup>/s.

Por último, en el tercer modelo se propone la reducción de la zona de flujo preferente (tomando como referencia la avenida de diseño de periodo de retorno de 100 años, al igual que en el modelo anterior) mediante la reducción del coeficiente de Manning en el cauce, pasando a 0.20 (fondo de gravas con lados de piedra sin seleccionar). Para ello será necesario realizar una limpieza de la maleza existente en el cauce en el mismo tramo de 65 metros aguas arriba.

Los resultados de estos modelos se encuentran en el *APÉNDICE 07-2: RESULTADOS HEC-RAS del ANEJO 07: HIDRÁULICA*.



## 7. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

El objetivo del *Estudio de alternativas* consiste en el análisis de cada una de las distintas soluciones propuestas al problema detectado en la zona de proyecto.

Para la obtención de la solución óptima mediante la realización de análisis multicriterio se establecerán previamente unos criterios, los cuales se van a ponderar con unos determinados pesos específicos que establecen la importancia relativa de cada uno de ellos, valorando así de forma cualitativa cada una de las alternativas, realizando una comparación entre ellas y eligiendo la más apropiada.

Este estudio constituye una parte fundamental del proyecto, por lo que se considera necesaria su inclusión dentro de los anejos de la memoria, y su contenido se divide en tres partes fundamentales:

- Descripción de la situación actual y de la necesidad de realizar la actuación.
- Estudio de las condiciones que rodean a la obra y valoración de cada una de las alternativas.
- Elección y justificación de la alternativa más adecuada.

Las pasarelas peatonales se utilizan cuando es necesario salvar obstáculos en el trazado de un camino natural, como cruces con carreteras, cauces, etc., y no es posible realizar otro tipo de obra de fábrica.

La construcción de la nueva pasarela salvará el cauce del río Caldo y comunicará ambos márgenes sin recurrir al paso actual, el cual no cumple las condiciones mínimas de seguridad y comodidad citadas en la *Orden Ministerial* anteriormente nombrada, ni al puente de la carretera OU-312, que une Lobios con el paso fronterizo de Portela do Home, y que no dispone de aceras para asegurar la seguridad del tráfico peatonal.

Se trata también de que la nueva pasarela sirva como unión entre los caminos que discurren por ambos márgenes, el procedente del núcleo de Bubaces por el margen izquierdo y el que comienza junto a la piscina termal formando parte de una de las rutas del Parque Natural más realizadas.

Se desarrollan en la memoria justificativa detalladamente criterios funcionales, estéticos, constructivos, geométricos, de durabilidad, medioambientales y económicos, luz a salvar, ocupación de extremos de la pasarela y estimación de usuarios.

La nueva pasarela permitirá conectar los dos núcleos más poblados e importantes de la zona, Vilameá y Torneiros, de una forma más directa, rápida y segura, sin la necesidad de cruzar peatonalmente el puente de la carretera OU-312, el cual no dispone de aceras ni arcenes que permitan el paso con total seguridad.

Además, se acercan de manera especial los núcleos de Torneiros y Bubaces con Los Baños de Riocaldo.

Por otra parte, se tratará de una construcción completamente necesaria para los usuarios del entorno fluvial para permitir el paso de un lado a otro del cauce.



En esta imagen se aprecia cómo la construcción de la nueva pasarela permite la reducción de la distancia de los recorridos peatonales realizados entre Torneiros y Bubaces con Os Baños, además de, como ya se ha comentado anteriormente, aumentar la seguridad de los recorridos gracias a esta construcción.



## 7.1. Ubicación en planta

En este apartado se tratará de decidir cuál será el mejor lugar para ubicar la pasarela para que ésta atienda a las necesidades de la zona y se saque el máximo partido de la misma.

Por lo tanto se optará por la construcción de una pasarela que se deberá ubicar fuera de la zona de flujo preferente que marca la Confederación Hidrográfica Miño – Sil, la cual viene definida en el ANEJO 07: HIDRÁULICA.

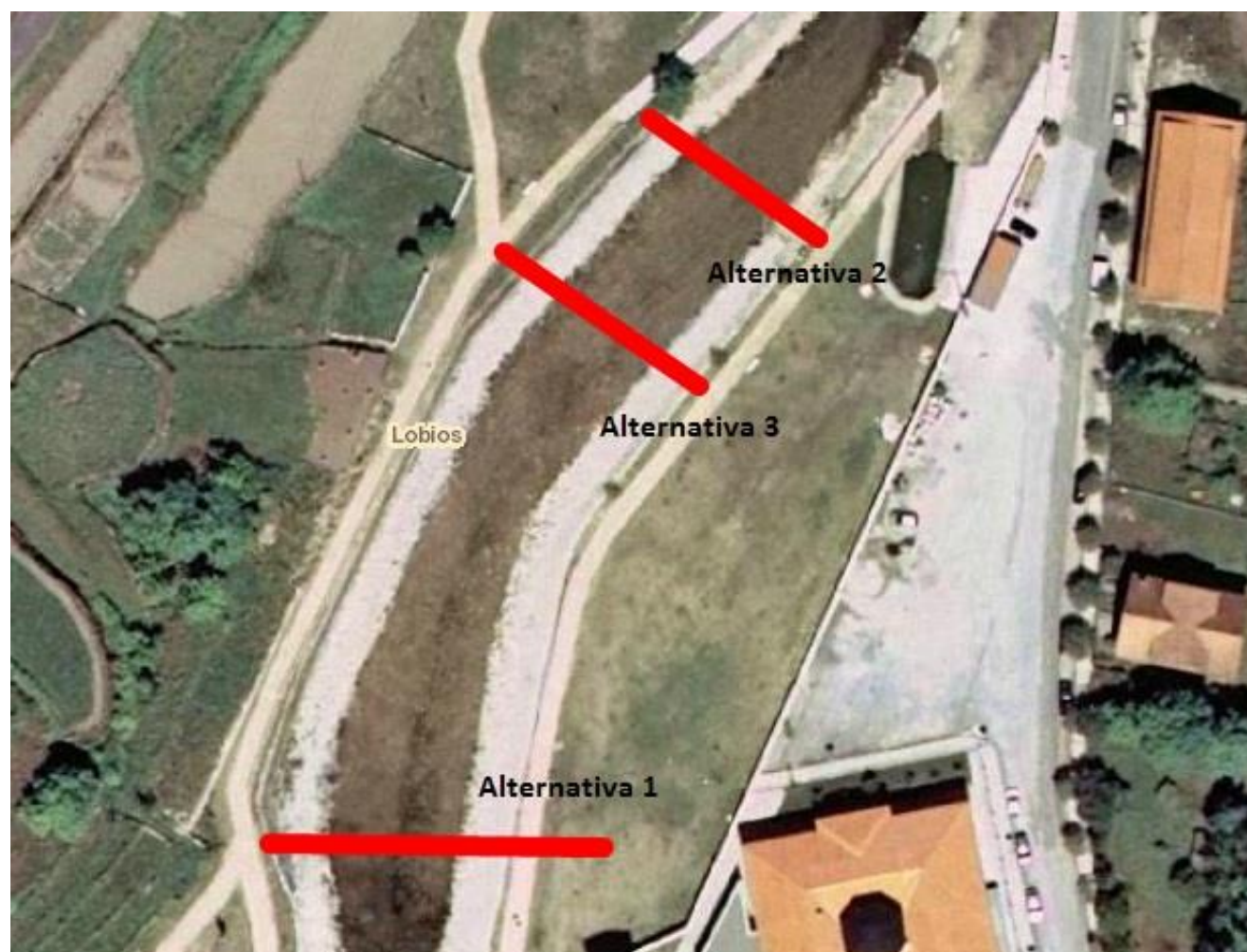


Figura 2. Ubicación en planta de las distintas alternativas.

La Alternativa 1 se ubica fuera de la zona de flujo preferente que marca la Confederación Hidrográfica Miño – Sil, la cual se define en el ANEJO 07: HIDRÁULICA y cuyo plano también se adjunta en él.

Esta alternativa tendrá una longitud aproximada de unos 44 metros, siendo la más larga de las tres alternativas propuestas, y la única que se encuentra fuera de la zona de flujo preferente sin necesidad de ejecutar ninguna actuación complementaria.



Figura 2.1. Alternativa 1 de ubicación en planta.

Las otras dos alternativas tendrán una longitud menor que la primera, y por tanto menor coste, sin embargo serán necesarias unas actuaciones complementarias para que sea posible ubicarlas fuera de la zona de flujo preferente.



Para ubicar la Alternativa 2 fuera de la zona de flujo preferente se ha optado por la construcción de un pequeño muro de apenas un metro de alto en un tramo de 65 metros aguas arriba, tal y como se explica en el *ANEJO 07: HIDRÁULICA*. En este anejo también se explica que tomaremos como zona de flujo preferente la avenida de diseño para un periodo de retorno de 100 años, quedándonos del lado de la seguridad.

Esta alternativa tiene una longitud de unos 26 metros, y se encuentra muy próxima a la piscina termal.



Caminos
Avenida para T=100 años
Alternativa 2 de ubicación en planta
Muro

Figura 2.2. Alternativa 2 de ubicación en planta.

Por último, la Alternativa 3 tendrá una longitud de unos 30 metros y se encuentra situada en una zona intermedia de la playa fluvial en el margen derecho y en un cruce de caminos en el margen izquierdo, entre el paseo fluvial y el camino que se dirige al parque infantil.

Para ubicarla fuera de la zona de flujo preferente ha sido necesario reducir el coeficiente de Manning del cauce principal hasta un valor de 0.20 (fondo de gravas con lados de piedra sin seleccionar), realizando una limpieza de la maleza existente en el cauce en el mismo tramo de 65 metros aguas arriba, como también se explica en el *ANEJO 07: HIDRÁULICA*. Al igual que en el caso de la Alternativa 2, también se toma la avenida para el periodo de retorno de 100 años como zona de flujo preferente, quedando nuevamente del lado de la seguridad.



Caminos
Avenida para T=100 años
Alternativa 3 de ubicación en planta
Zona de limpieza del cauce

Figura 2.3. Alternativa 3 de ubicación en planta.



Tras la aplicación de los diferentes criterios de evaluación y los métodos multicriterio se opta por la alternativa 3 en cuanto a la ubicación en planta.

## 7.2. Materiales a emplear

De igual manera que en el apartado anterior referente a ubicación en planta, se ha realizado un estudio de los distintos materiales para elegir el óptimo a la hora de realizar nuestra pasarela, estableciéndose la madera como el mejor de ellos.

## 7.3. Tipología estructural

En cuanto a las distintas tipologías estructurales, no se ha realizado en este estudio de alternativas el análisis multicriterio debido a las restricciones de luz que nos indica el libro *“Puentes de madera”* de Kurt Schwaner, por lo que la tipología estructural elegida será la del puente en arco, que se mantiene dentro de los rangos de aplicación que establece dicho río.

## 8. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

Se han comentado las decisiones tomadas en cuanto a la elección de la ubicación óptima en planta de la pasarela, los materiales a emplear en su construcción y la tipología estructural adecuada.

De los resultados de los apartados anteriores se ha obtenido que la pasarela deberá tener las siguientes características:

### Ubicación:

La pasarela se ubicará en la zona más amplia del entorno y en donde existe mayor concentración de usuarios, entre la piscina termal y el balneario. Esta ubicación corresponde a la Alternativa 3.

### Luz a salvar:

La luz a salvar por la pasarela (luz a salvar por la Alternativa 3) será de 28.50 m.

### Material:

Se empleará la madera para la construcción de la pasarela, un material muy estético y que se integra perfectamente en los entornos naturales como en el que nos encontramos.

Se trata de un material caro pero que también es resistente y duradero si se trata y mantiene adecuadamente. Presenta además una buena relación resistencia-peso y posee una gran sencillez de diseño, fabricación y puesta en obra.

### Tipología estructural:

Se empleará el puente en arco, con dos arcos triarticulados inclinados de madera laminada, como solución estructural.

La solución de puente en arco es la que se encuentra en el rango de aplicación en cuanto a luz a salvar, y por ello será la solución adoptada.

### Ancho de paso:

Siguiendo las recomendaciones mínimas que establece la normativa que se explicó previamente en cuanto a la anchura efectiva del tablero, se considera disponer un ancho efectivo de tablero de 3 m.

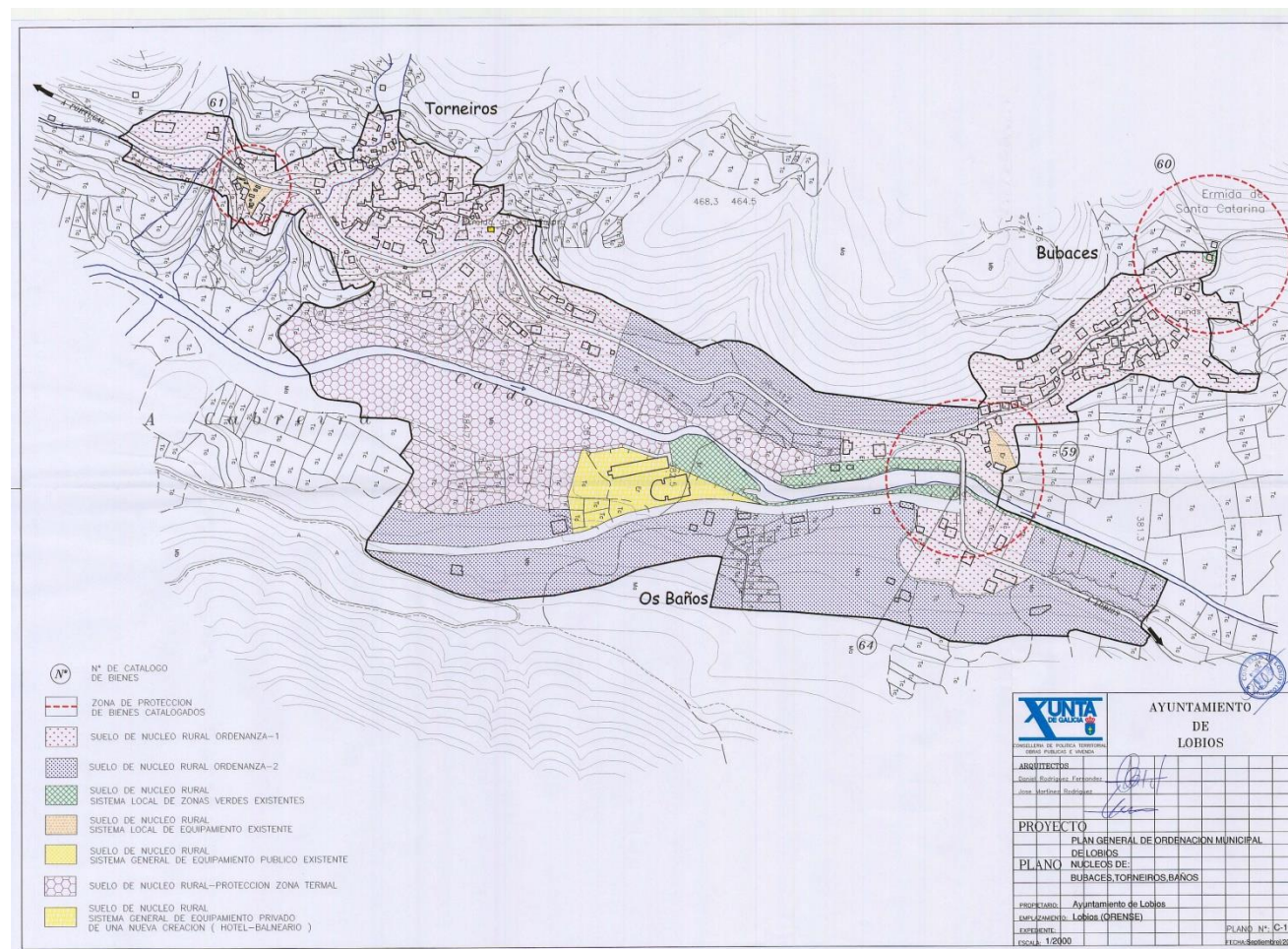
Con estas características la pasarela se adapta perfectamente a los datos proporcionados en el libro *“Puentes de madera”* de Kurt Schwaner, por lo que se tomará este libro como referencia para el diseño de nuestra pasarela, en cuanto a medidas se refiere.

## 9. PLANEAMIENTO

El planeamiento vigente en la actualidad en el ayuntamiento de Lobios data de Septiembre de 2001.

Se observa cómo nuestra zona de proyecto se ubica en zonas de suelo rural, tanto de zonas verdes existentes como de protección de zonas termales.





## 10. SERVICIOS AFECTADOS

Dado que el procedimiento constructivo propuesto no es obligatorio, será el contratista quien defina el mismo y por tanto será él quien resuelva las alteraciones que se deriven de dicho procedimiento.

Como consecuencia de la ejecución de las obras y del procedimiento constructivo se afectará a los paseos fluviales de ambas márgenes.

Para ejecutar los estribos es necesario realizar unas excavaciones que afectarán a los paseos fluviales de ambas márgenes.

En la operación de montaje de la estructura será necesario retirar algunos árboles que se volverán a colocar una vez terminada la obra.

Dado el carácter académico del presente proyecto, no se realiza un estudio exhaustivo de servicios afectados y su reposición posterior que habría que realizar en un proyecto real. Para conocimiento de la dirección de obra y del contratista se indica la presencia de conducciones de electricidad.

## 11. EXPROPIACIONES E INDEMNIZACIONES

Será el contratista de la obra el que defina el proceso constructivo y en consecuencia la superficie de terreno a ocupar con sus consiguientes repercusiones económicas. El contratista será el encargado de valorar dichos costes según la legislación vigente.

Todo el anteproyecto se ubica en terrenos de carácter público, por lo tanto, no será necesario efectuar ningún tipo de expropiación o indemnización.

Como consecuencia de ello, el Presupuesto para Conocimiento de la Administración coincidirá con el Presupuesto Base de Licitación.

## 12. PRESUPUESTO

En el *Documento Nº3: Presupuesto* se realizarán las mediciones necesarias para el cálculo del presupuesto de este anteproyecto.

También formarán parte de este documento el *Cuadro de Precios Nº1* y el *Resumen del Presupuesto*, el cual se detalle a continuación:



PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL		
CAPÍTULO 01: LIMPIEZA Y DESBROCE	7.771,27 €	5,24 %
CAPÍTULO 02: FIRMES Y PAVIMENTOS	15.880,10 €	10,70 %
CAPÍTULO 03: ESTRUCTURAS	96.634,75 €	65,12 %
CAPÍTULO 04: MOBILIARIO	24.620,05 €	16,59 %
CAPÍTULO 05: PARTIDAS ALZADAS	3.500,00 €	2,35 %
<b>TOTAL PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL</b>	<b>148.406,17 €</b>	<b>100 %</b>

CONCEPTO	EUR (€)
13,00 % Gastos Generales	19.292,80
6,00 % Beneficio Industrial	8.904,37
Suma de GG y BI	<b>28.197,17</b>

<b>TOTAL PRESUPUESTO SIN IVA</b>	<b>176.603,34</b>
----------------------------------	-------------------

21 % IVA	37.086,70
----------	-----------

<b>TOTAL PRESUPUESTO CON IVA</b>	<b>213.690,04</b>
----------------------------------	-------------------

<b>TOTAL PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN</b>
<b>213.690,04</b>

A Coruña, 19 de Junio de 2016.

El autor del anteproyecto:

José Luis Rodríguez Rodríguez

Asciende el total del presupuesto + IVA a la expresada cantidad de:

**DOSCIENTOS TRECE MIL SEISCIENTOS NOVENTA EUROS CON CUATRO  
CÉNTIMOS**



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE  
INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES  
Y PUERTOS DE A CORUÑA



FUNDACIÓN DE LA  
INGENIERIA CIVIL  
DE GALICIA



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

**José Luis Rodríguez Rodríguez**  
**JUNIO 2016**

# **-Anejo 01-**

## **ANTECEDENTES Y OBJETO**



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE  
INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES  
Y PUERTOS DE A CORUÑA



FUNDACIÓN DE LA  
INGENIERIA CIVIL  
DE GALICIA



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

**José Luis Rodríguez Rodríguez**  
**JUNIO 2016**

# ÍNDICE

## 1. INTRODUCCIÓN

## 2. ANTECEDENTES

2.1. SITUACIÓN GEOGRÁFICA

2.2. PROBLEMÁTICA DETECTADA

## 3. OBJETO DEL PROYECTO





## 1. INTRODUCCIÓN

La realización del presente anteproyecto, con título *“Mejora de los márgenes y pasarela sobre el Río Caldo – Concello de Lobios (Ourense)”*, es requisito formal para la obtención del título de Graduado en Tecnología de la Ingeniería Civil por la Universidade de A Coruña.

El carácter académico de este proyecto implica que algunos de los datos, especialmente los referidos a geología, geotecnia y topografía, sean simulados aunque pretenden ser coherentes con la información recabada de proyectos realizados en la zona y con lo observado en campo.

## 2. ANTECEDENTES

### 2.1. Situación geográfica

La zona de estudio se encuentra ubicada en la parroquia de Riocaldo, en el Término Municipal de Lobios, comarca de A Baixa Limia, al suroeste de la provincia de Ourense, a 70 kilómetros de la capital provincial.

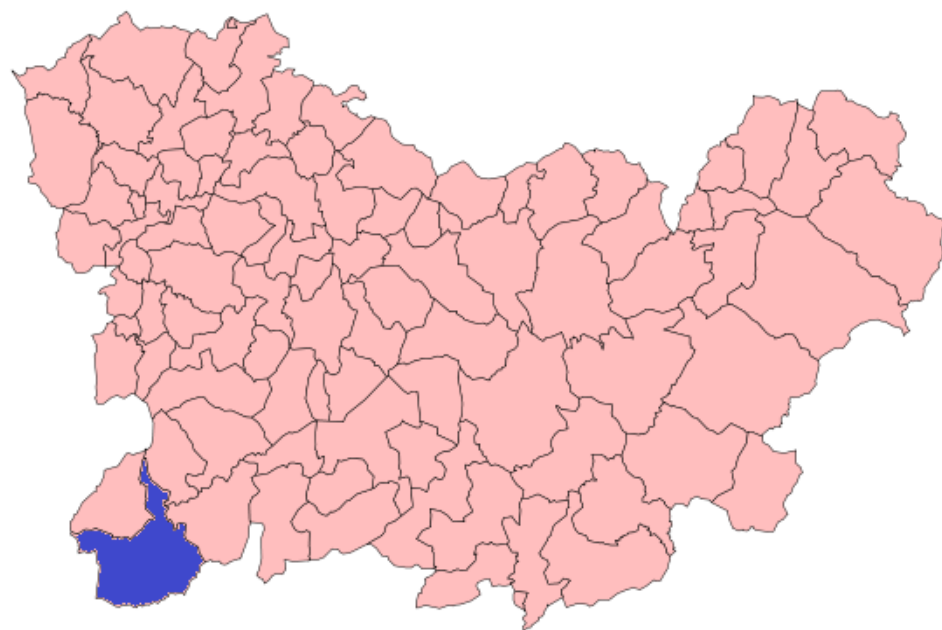
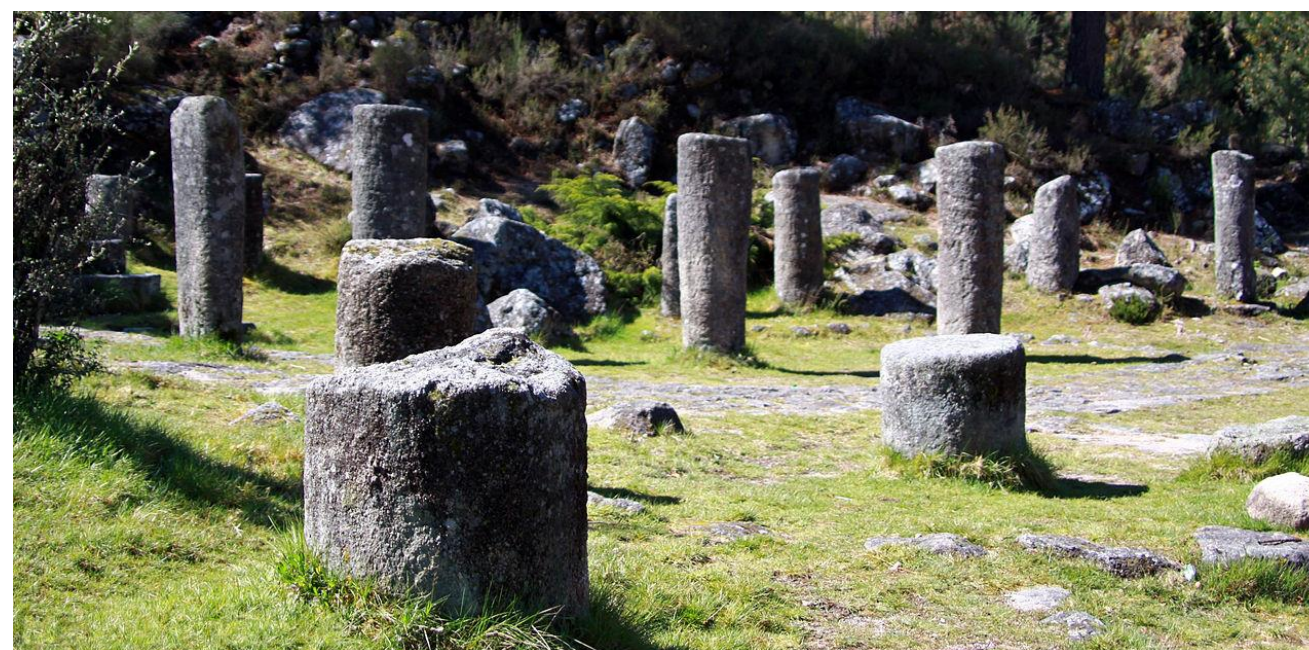


Figura 1. Situación de Lobios en la provincia de Ourense.

Se trata de una zona que se caracteriza por su importancia natural y termal, formando parte del Parque Natural Baixa Limia – Serra do Xurés, limítrofe con el portugués Parque Nacional Peneda – Gerês, conformando uno de los espacios naturales más importantes de Europa.

Este municipio es atravesado por la antigua vía romana número XVIII, conocida como Vía Nova, que unía Bracara Augusta (actual Braga) con Asturica Augusta (actual Astorga), a lo largo de unas 210 millas romanas (unos 330 kilómetros).

Su trazado viene reflejado con detalle en el Itinerario de Antonino (siglo III). A lo largo de su trazado las millas romanas se encuentran señalizadas mediante miliarios (o piedras miliars). Este trazado es uno de los que conservan el mayor número de miliarios de toda Europa. Entre Bracara Augusta y Asturica Augusta existen once mansiones (parada de postas y hospedaje), una de ellas ubicada en nuestra zona de proyecto, Aquis Originis, en Baños de Río Caldo.



Fotografía 1. Miliarios romanos en Lobios.

Los Baños de Río Caldo constituyen una importante zona de turismo termal dentro de la provincia de Ourense, y en torno a ello se centrará el presente anteproyecto, el cual se redacta con el objetivo de mejorar tanto el entorno de la piscina termal allí ubicada como la comunicación entre ambos márgenes.



## 2.2. Problemática detectada

La *Orden Ministerial VIV/561/2010, de 1 de febrero, por la que se desarrolla el documento técnico de condiciones básicas de accesibilidad y no discriminación para el acceso y utilización de los espacios públicos urbanizados*, define los itinerarios peatonales accesibles como aquellos que garantizan el uso no discriminatorio y la circulación de forma autónoma y continua de todas las personas.

El paso existente en la actualidad sobre el río Caldo no cumple las condiciones definidas en la citada Orden, tanto en materia de accesibilidad, constando de una anchura libre de paso inferior a 1.80 m que no garantiza el giro, cruce y cambio de dirección de las personas independientemente de sus características o modo de desplazamiento, como en materia de seguridad, ante la ausencia de barandillas en dicho paso, lo que ya ha provocado lesiones al producirse caídas al cauce del río.



Fotografía 2. Paso actual sobre el río Caldo.

Debido a la precariedad de este paso, los usuarios se ven obligados a extremar las precauciones a la hora de cruzar de uno a otro lado del río, debiendo atravesarlo en fila, con la imposibilidad de cruzar dos personas en cada sentido ante la ausencia de ancho y constituyendo una auténtica barrera para las personas de movilidad reducida.

## 3. OBJETO DEL PROYECTO

La zona termal de los Baños de Río Caldo, que cuenta con un balneario y una piscina termal pública en la playa fluvial, y las numerosas rutas que recorren el Parque Natural Baixa Limia – Serra do Xurés, hacen de Lobios un entorno único para disfrutar de la naturaleza, lo que le permite recibir un gran número de turistas durante todo el año.

Por lo tanto, ante la problemática detectada en la zona y con la finalidad de que ésta continúe creciendo como un referente termal en la provincia, los objetivos del presente anteproyecto consisten en:

- Mejorar los elementos y servicios ofrecidos en el entorno fluvial, tanto para los habitantes de la zona como para los numerosos turistas que la visitan, mejorando las condiciones de accesibilidad y seguridad, y la no discriminación en el acceso y utilización del entorno por parte de personas de movilidad reducida.
- Mejorar la comunicación existente para el tráfico peatonal entre ambos márgenes, que permita la unión de forma directa de los núcleos rurales de Bubaces y Torneiros con los Baños de Río Caldo, actualmente basada en el puente de la carretera OU-312 y en el paso peatonal comentado previamente.
- Evitar el riesgo que existe hoy en día en la zona para cruzar el río por parte de los peatones, ya que no existen pasos habilitados cercanos, tan sólo a través del puente de la carretera OU-312, el cual no dispone de aceras, constituyendo un gran problema para los peatones la falta de seguridad al mezclar el tráfico rodado con el peatonal.
- Mejorar la seguridad para evitar el riesgo de lesiones a la hora de cruzar el cauce del río Caldo, ante la ausencia de barandillas en el paso actual y las numerosas quejas debidas a tal motivo, ya que existen numerosos precedentes de caídas al cauce con lesiones que han acabado en denuncias contra la administración local y en sus correspondientes indemnizaciones.



Por tanto, con el fin de conseguir los anteriores objetivos, se proponen las siguientes actuaciones en la zona de proyecto:

- Construcción de una pasarela peatonal que permita comunicar ambos márgenes del río Caldo en las condiciones óptimas de seguridad y comodidad, establecidas en la *Orden Ministerial VIV/561/2010, de 1 de febrero, por la que se desarrolla el documento técnico de condiciones básicas de accesibilidad y no discriminación para el acceso y utilización de los espacios públicos urbanizados*.
- Colocación de farolas que permitan una correcta iluminación de la zona, muy deficiente en la actualidad, además de la incorporación de mobiliario urbano tal que bancos y papeleras que mejoren la visión del entorno.

El aumento de la comodidad y de la seguridad para los usuarios del entorno termal, además de la mejora de la accesibilidad para la no discriminación de las personas de movilidad reducida, son puntos claves que permitirían un mayor desarrollo turístico y económico de la zona, beneficiando tanto a los propios visitantes como a los habitantes del lugar.

Dado que la finalidad de este proyecto es meramente académica, presentarán algunos datos de partida que son ficticios, como los resultados de los sondeos y ensayos geotécnicos.



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE  
INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES  
Y PUERTOS DE A CORUÑA



FUNDACIÓN DE LA  
INGENIERIA CIVIL  
DE GALICIA



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

**José Luis Rodríguez Rodríguez**  
**JUNIO 2016**

## **-Anejo 02-**

# **CARTOGRAFÍA Y TOPOGRAFÍA**



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE  
INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES  
Y PUERTOS DE A CORUÑA



FUNDACIÓN DE LA  
INGENIERIA CIVIL  
DE GALICIA



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

**José Luis Rodríguez Rodríguez**  
**JUNIO 2016**

# ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN

2. CARTOGRAFÍA

3. TOPOGRAFÍA



## **1. INTRODUCCIÓN**

El presente anejo tiene por objeto describir la cartografía empleada para el desarrollo del presente anteproyecto.

Dada la naturaleza académica del proyecto, no se han realizado estudios topográficos, ni de campo que verifiquen el correcto estado de la cartografía, aunque sí se ha visitado en diversas ocasiones la zona de proyecto, para comprobar la adecuación de los planos de trabajo a la realidad actual de la zona.

## **2. CARTOGRAFÍA**

La cartografía base utilizada ha sido facilitada por la Escuela de Caminos Canales y Puertos de la Universidad de A Coruña en soporte digital a escala 1:5000, con cotas de nivel cada 5 metros.

Considerando el carácter académico del anteproyecto, no se ha considerado necesario actualizar dicha cartografía ya que la existente es suficientemente reciente y coincide con lo observado en campo.

## **3. TOPOGRAFÍA**

En este apartado se comprueba que la cartografía obtenida se ajusta adecuadamente a la situación topográfica real de la zona en estudio.

Debido a la imposibilidad de realizar trabajos topográficos más precisos que lo certifiquen, se realizan visitas de campo.





ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE  
INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES  
Y PUERTOS DE A CORUÑA



FUNDACIÓN DE LA  
INGENIERIA CIVIL  
DE GALICIA



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

**José Luis Rodríguez Rodríguez**  
**JUNIO 2016**

## **-Anejo 03-**

# **LEGISLACIÓN Y NORMATIVA**



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE  
INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES  
Y PUERTOS DE A CORUÑA



FUNDACIÓN DE LA  
INGENIERIA CIVIL  
DE GALICIA



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

**José Luis Rodríguez Rodríguez**  
**JUNIO 2016**

# ÍNDICE

## 1. INTRODUCCIÓN

## 2. NORMATIVA DE LA CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA MIÑO – SIL

## 3. NORMATIVA DE ACCESIBILIDAD



## 1. INTRODUCCIÓN

En este anejo se va a analizar la distinta normativa que se debe tener en cuenta a la hora de la redacción del presente anteproyecto.

Se tratará, por una parte, la normativa de la Confederación Hidrográfica Miño – Sil, y por otra, la normativa correspondiente a criterios de accesibilidad.

## 2. NORMATIVA DE LA CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA MIÑO – SIL

La Confederación Hidrográfica Miño – Sil, en cuanto a la autorización de obras e instalaciones, establece lo siguiente sobre el Dominio Público Hidráulico y la Zona de Policía:

El *Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley de Aguas (TRLA)* y el *Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, por el que se aprueba el Reglamento de Dominio Público Hidráulico (RDPH)* definen los bienes que integran el Dominio Público Hidráulico:

**Cauce:** según el art. 4 del RDPH, se considerará álveo o cauce natural de una corriente continua o discontinua el terreno cubierto por las aguas en las máximas crecidas ordinarias. La determinación de ese terreno se realizará atendiendo a sus características geomorfológicas, ecológicas y teniendo en cuenta las informaciones hidrológicas, hidráulicas, fotográficas y cartográficas que existan, así como las referencias históricas disponibles.

**Dominio Público Hidráulico (DPH):** de manera sucinta y según definición del RDPH, en su art. 2, el DPH lo conforman:

- Las aguas continentales, tanto las superficiales como las subterráneas renovables con independencia del tiempo de renovación.
- Los cauces de corrientes naturales, continuas o discontinuas.

- Los lechos de los lagos y lagunas y los de los embalses superficiales en cauces públicos.
- Los acuíferos, a los efectos de los actos de disposición o de afección de los recursos hidráulicos.
- Las aguas procedentes de la desalación de agua de mar.

**Márgenes:** según se identifica en el RDPH, en su art. 6, las márgenes son los terrenos que lindan con los cauces.

**Riberas:** quedan definidas en el RDPH, en su art. 6, como las fajas laterales de los cauces públicos situados por encima del nivel de aguas bajas, y por lo tanto pertenecientes al DPH.

**Zona de flujo preferente:** según el Real Decreto 9/2008, de 11 de enero, por el que se modifica el RDPH, es aquella zona constituida por la unión de la zona o zonas donde se concentra preferentemente el flujo durante las avenidas, o vía de intenso desagüe, y de la zona donde, para la avenida de 100 años de periodo de retorno, se puedan producir graves daños sobre las personas y los bienes, quedando delimitado su límite exterior mediante la envolvente de ambas zonas. A los efectos de la aplicación de la definición anterior, se considerará que pueden producirse graves daños sobre las personas y los bienes cuando las condiciones hidráulicas durante la avenida satisfagan uno o más de los siguientes criterios:

- a) Que el calado sea superior a 1 m.
- b) Que la velocidad sea superior a 1 m/s.
- c) Que el producto de ambas variables sea superior a 0,5 m<sup>2</sup>/s.

**Zona inundable:** se considera zona inundable, según el art. 14 del RDPH, la delimitada por los niveles teóricos que alcanzarían las aguas en las avenidas cuyo periodo estadístico de retorno sea de quinientos años, atendiendo a estudios geomorfológicos, hidrológicos e hidráulicos, así como de series de avenidas históricas y documentos o evidencias históricas de las mismas.



**Zona de Policía (ZP):** según se identifica en el RDPH, en su art. 6, queda definido por la faja lateral de los cauces públicos de 100 m. de anchura y en la que se condicionará el uso del suelo y las actividades que en él se desarrollen.

**Zona de servidumbre:** definida por el RDPH, en sus art. 6 y 7, como la faja lateral de los cauces públicos de 5 m. de anchura, con el fin de proteger el ecosistema fluvial y el DPH, permitir el paso público peatonal y para el desarrollo de los servicios de vigilancia, conservación y salvamento.

**Red Natura 2000:** según establece la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad, la Red Ecológica Europea Natura 2000 es una red ecológica coherente compuesta por los Lugares de Importancia Comunitaria (LIC), hasta su transformación en Zonas Especiales de Conservación, dichas Zonas Especiales de Conservación (ZEC) y las Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA), cuya gestión tendrá en cuenta las exigencias económicas, sociales y culturales, así como las particularidades regionales y locales. La Directiva 92/43/CEE del Consejo, de 21 de mayo de 1992, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres (Directiva Hábitats), dispone que deberá garantizar el mantenimiento o, en su caso, el restablecimiento, en un estado de conservación favorable, de los tipos de hábitats naturales y de los hábitats de las especies de que se trate en su área de distribución natural.

**LIC (Lugar de Importancia Comunitaria):** según establece la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad, los Lugares de Importancia Comunitaria son aquellos espacios del conjunto del territorio nacional, aprobados como tales, que contribuyen de forma apreciable al mantenimiento o, en su caso, al restablecimiento del estado de conservación favorable de los tipos de hábitat naturales y los hábitat de las especies de interés comunitario, que figuran respectivamente en los Anexos I y II de dicha Ley, en su área de distribución natural.

**ZEC (Zona de Especial Conservación):** áreas protegidas de gran interés medioambiental para la conservación de la diversidad, designadas por los estados miembros de la Unión Europea, en virtud de la Directiva Hábitats. Los espacios ZEC han debido ser previamente propuestos LIC.

**ZEPA (Zona de Especial Protección para las Aves):** áreas protegidas catalogadas por los estados miembros de la Unión Europea, en virtud de la Directiva 2009/147/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 30 de noviembre de 2009, relativa a la conservación de las aves silvestres (Directiva Aves), por su singular relevancia para la conservación de la avifauna amenazada.

**Encauzamiento:** actuación realizada con el fin de canalizar el cauce de un río, fijando un nuevo trazado que puede coincidir, en parte, con el trazado actual, modificando el perfil longitudinal y la sección transversal del mismo, pudiendo también modificar la forma y tipología del lecho, de los taludes, riberas y márgenes, con el fin de disminuir la superficie de la zona inundable en avenidas. Estas actuaciones necesitan un proyecto técnico asociado y deberán someterse a una tramitación ambiental reglada en función de la legislación estatal y autonómica en cada caso, teniendo en cuenta su magnitud y su ubicación, especialmente si se localizan en espacios naturales protegidos. También, como obra estructural de modificación del cauce, será necesario realizar estudios de coste- beneficio de su ejecución, debiéndose compatibilizar el proyecto con lo establecido en la Directiva Marco del Agua y, en general, sólo se autorizarán para proteger frente a inundaciones zonas urbanas ya consolidadas.

**Estabilización de taludes:** actuación realizada para frenar la erosión en taludes o reconstruir aquellos ya erosionados por el río en puntos en los que la erosión de las orillas pueda provocar afección a bienes materiales importantes. Esta estabilización deberá consistir, en lo posible, en la disminución de la pendiente de los taludes del cauce y la recuperación de la vegetación riparia, como elemento esencial para la estabilización del talud, limitándose el uso de escolleras a tramos puntuales y sólo en la base de los taludes. Estas actuaciones deberán someterse a una tramitación ambiental en función de la legislación estatal y autonómica en cada caso, teniendo en cuenta su magnitud y su ubicación, especialmente si se localizan en espacios naturales protegidos.



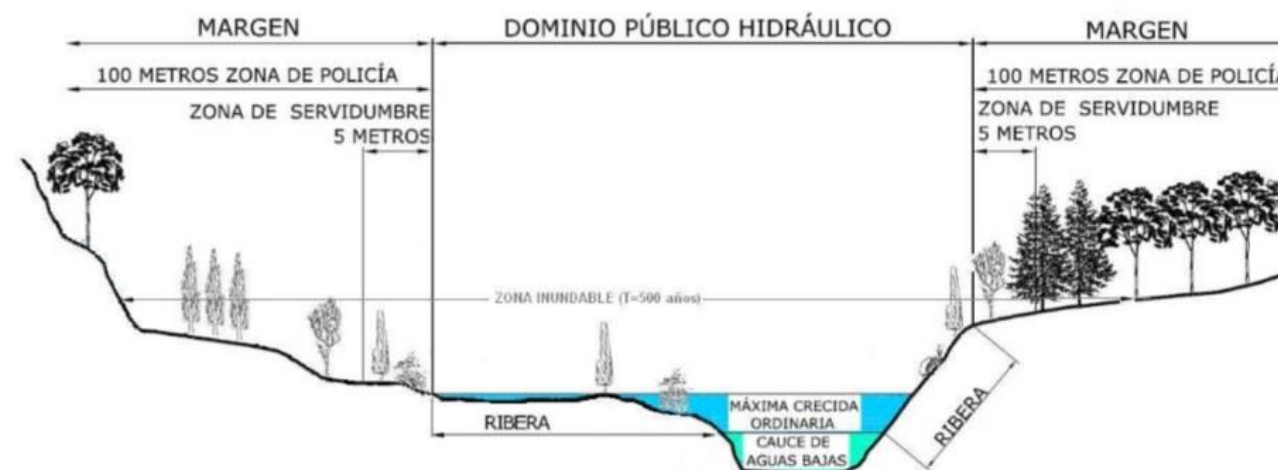


**Limpieza de cauces:** se considerará limpieza de cauces al tratamiento realizado sobre el cauce y las márgenes con la finalidad de mejorar la estructura de la vegetación de ribera, la accesibilidad al mismo y, en determinados casos, para aumentar la sección hidráulica del río de forma que, en avenidas, las aguas discurren con mayor facilidad, sin encontrar obstáculos ni generar obstrucciones en puentes, etc. Las actuaciones a realizar podrán ser desbroces selectivos, podas, retirada de árboles muertos, retirada de tapones, eliminación de especies invasoras, gestión y retirada de residuos, etc. Esta actuación deberá siempre compatibilizarse con los valores ambientales del río, atendiendo también a todos los condicionantes ambientales establecidos por las autoridades ambientales de las Comunidades Autónomas.

**Obras de defensa:** se considerará obra de defensa a la actuación realizada para disminuir los daños por una eventual inundación, consistiendo normalmente en la construcción de motas (o sobreelevaciones del terreno en las márgenes del cauce) que intentarán impedir que la lámina de agua ocupe los terrenos adyacentes. Estas motas serán más efectivas y seguras cuanto más lejos del cauce se encuentren y en función del caso, en general, no podrán construirse en la zona de flujo preferente ni producir un incremento de daños significativos tanto en la margen opuesta del río como aguas arriba y abajo del tramo en cuestión. Deberá someterse a una tramitación ambiental en función de la legislación estatal y autonómica en cada caso, teniendo en cuenta su magnitud y su ubicación, especialmente si se localizan en espacios naturales protegidos. Tradicionalmente se han considerado también como obras de defensa los encauzamientos y aquellas tendentes a estabilizar los taludes del cauce.

**Recuperación de la sección hidráulica del cauce:** actuación realizada con el fin recuperar las condiciones de desagüe del cauce. Se considerarán dentro de esta categoría las actuaciones que retiren del cauce sedimentos y que ello contribuya a una recuperación de la sección y, por lo tanto, un aumento de la capacidad de desagüe. La ejecución de estas actuaciones estará condicionada a las dimensiones del cauce y, en cauces importantes, por la afección al perfil de equilibrio del río, al balance de transporte de sedimentos, los riesgos de incisión y los daños al ecosistema que puede producir. Esta categoría de actuación será más factible en pequeños cauces con sedimentos de origen antrópico. Deberán someterse a una tramitación ambiental en función de la legislación estatal y autonómica en cada caso, teniendo en cuenta su magnitud y su ubicación, especialmente si se localizan en espacios naturales protegidos.

La siguiente figura complementa las definiciones anteriores:



Por otro lado, en el apartado de observaciones se establecen los siguientes puntos:

- Se deberá respetar una **zona de servidumbre de 5 metros**, a partir de la margen más próxima del cauce público afectado, con el fin de proteger el ecosistema fluvial y el DPH, permitir el paso público peatonal y para el desarrollo de los servicios de vigilancia, conservación y salvamento.
- Con el objeto específico de proteger el régimen de corrientes en avenidas, y reducir el riesgo de producción de daños en personas y bienes, se definen unas zonas donde se concentra preferentemente el flujo o **vías de flujo preferente** donde sólo podrán ser autorizadas por el Organismo de cuenca aquellas actividades no vulnerables frente a las avenidas y que no supongan una reducción significativa de la capacidad de desagüe de dicha vía.

En cuanto a las obras e instalaciones en Dominio Público Hidráulico:

- Las **obras de protección de las márgenes**, de ser precisas, deben permitir el desarrollo de la vegetación de ribera y mejorar su ecosistema fluvial. Esto implica que deberán utilizarse preferentemente, técnicas de bioingeniería (muros Kramer, empalizadas, fajinas, mantas o redes de cobertura biodegradables, biorrollos...), escolleras con grandes huecos entre piedras, o estructuras mixtas que combinen ambas soluciones.



- Se evitarán los **encauzamientos** cubiertos, máximo cuando se prevea arrastres de sólidos y flotantes, salvo casos muy justificados. En el supuesto que sea inevitable la cobertura de un cauce, si la cuenca drenada es superior a 0,50 km<sup>2</sup>, la sección será visitable, con una altura libre de al menos 2 m., y una anchura libre no inferior a 2,50 m. Se procurará que exista un pequeño cauce que garantice un calado mínimo en aguas bajas para el desplazamiento de la fauna piscícola y con capacidad de arrastre suficiente para la no deposición de sólidos.
- Las **obras de paso de poca importancia sobre cauces de pequeña entidad, en zona rural**, deberán tener, al menos, mayor capacidad de desagüe que dicho cauce en los tramos inmediatamente aguas arriba y aguas abajo. Hasta 20 m. de luz el cauce se salvará con un solo vano; para luces mayores habrá un vano central de 15 m. y otro, u otros dos, con luces mayores de 2 m., evitándose apoyos intermedios sobre el cauce. La parte inferior del tablero quedará a 25 cm. por encima de los terrenos colindantes, no así sus accesos, cuyos 20 m. antes y después de la obra de paso quedará al nivel de los terrenos, de manera que se inunden antes los accesos que la obra. Asimismo, no podrán cortar el remonte de la fauna piscícola, en su caso.

*A efectos de aplicación del artículo 126.2 del RDPH, respecto al trámite de información pública, se considerarán cauces de pequeña entidad, aquellos cuya cuenca de aportación sea inferior a 5 km<sup>2</sup> y siempre que, como consecuencia de la destrucción de la obra por la fuerza de las avenidas, no se puedan derivar daños significativos a personas o bienes.*

- Los **puentes** en zona urbana o urbanizable se dimensionarán para un periodo de retorno de 500 años, dejando libre la zona de flujo preferente del cauce. Hasta 30 m. de luz libre tendrán un solo vano, para luces mayores tendrán un vano central con luz mayor de 25 m., y otro u otros dos con luces mayores de 6 m, evitándose apoyos intermedios sobre el cauce. En tramos rectos el vano de más de 25 m. se situará en el centro, y en tramos curvos en el exterior de la curva. El resguardo desde el nivel del agua para dicha avenida extraordinaria, a la cara inferior del tablero será, si es posible, de un metro o mayor. En cualquier caso en el punto central del puente éste resguardo será como mínimo igual al 2,5% de la luz del puente con un mínimo de 20 cm.

Los puentes u obras de drenaje transversal de obras importantes, en zona rural, sobre cauces de cierta entidad, se dimensionarán con carácter general para un periodo de retorno de 500 años, salvo casos muy justificados, adaptándose las luces y distribución de los vanos a lo definido en el párrafo precedente, y el resguardo desde la superficie libre del agua a la parte inferior del tablero será el que resulte de interpolar entre los siguientes datos:

Cuenca (km <sup>2</sup> )	5	10	25	50	100	1000	2000
Resguardo (m)	0.15	0.25	0.40	0.50	0.75	1.00	1.50

En el caso de que resultara plenamente inviable la obtención de estos resguardos, se buscarán soluciones alternativas.

Los estribos y apoyos intermedios de los puentes deberán situarse fuera del cauce y dejar libre la zona de servidumbre de ambas márgenes, con el fin permitir su uso público y proteger el ecosistema fluvial, salvo casos muy justificados.

- En las **obras de drenaje transversal de vías de comunicación**, no se podrán añadir a una vaguada áreas vertientes superiores en más de un 10% a la superficie de la cuenca propia, asimismo, si la cuenca drenada es superior a 0,50 km<sup>2</sup>, la sección será visitable, con una altura libre de al menos 2 m., y una anchura libre no inferior a 2,50 m. Asimismo, no podrán cortar el remonte de la fauna piscícola, en su caso. Se recomienda proyectar las obras, en consonancia con las consideraciones generales y criterios establecidos para el drenaje transversal en la Instrucción 5.2IC de Drenaje Superficial (Orden 14 de mayo de 1.990) del Ministerio de Fomento.
- Los **azudes** para usos no concesionales de aguas, a construir sobre cursos fluviales, deberán ser desmontables en su totalidad, salvo casos justificados donde podrán ser fijos y deberán de disponer de dispositivos de remonte para la fauna piscícola, si fuera necesario. El labio del azud se situará a una altura sobre el cauce tal, que el caudal de la máxima crecida ordinaria que es capaz de desaguar el cauce en dicho tramo, pueda verter por el azud en régimen crítico y sin producir desbordamientos en las márgenes. Asimismo, no deberán producir aguas arriba, sobreelevaciones de la lámina de agua que produzcan afecciones a terceros.



- En los **cruces subterráneos**, se deberá respetar una distancia de UN METRO entre la generatriz superior de la conducción (o tubo de protección, en su caso), y el lecho del cauce, y que los registros, en su caso, se ubiquen en las márgenes fuera del cauce.
- En los **cruces adosados a puente** u otra obra de drenaje transversal, se sobrevolará la sección hidráulica del cauce de forma que no se reduzca la sección de desagüe del mismo.

Por último, en cuanto a las obras e instalaciones en Zona de Policía:

- Los **usos permitidos** en la zona de flujo preferente deberán adecuarse a lo dispuesto en el artículo 9.2 del RDPH y serán los que no presenten vulnerabilidad frente a las avenidas, tales como:
  - a) Usos agrícolas: tierras de labranza, pastos, horticultura, viticultura, césped, selvicultura, viveros al aire libre y cultivos silvestres.
  - b) Uso ganadero no estabulado.
  - c) Usos recreativos, públicos y privados: parques y jardines, campos de golf, pistas deportivas, zonas de descanso, de natación, reservas naturales de caza, cotos de caza o pesca, circuitos de excursionismo o equitación.
- En la zona de flujo preferente, y salvo que se obtenga autorización, quedan **prohibidos**, con carácter general, los siguientes usos:
  - a) Nuevos usos habitacionales.
  - b) Nuevas edificaciones, cualquiera que sea su uso.
  - c) Obras de reparación de edificaciones existentes que supongan una alteración de su ocupación en planta o de su volumen o el cambio de uso de las mismas que incremente su vulneración frente a las avenidas.
  - d) Cerramientos y vallados que no sean diáfanos, tales como los cierres de muro de fábrica de cualquier clase.

Se permitirán, con carácter general, las actuaciones destinadas a la conservación y restauración de construcciones singulares del patrimonio histórico asociadas a usos tradicionales del agua como molinos, mazos, herrerías, candiros, entre otros, construcciones de gran valor etnográfico y testigos de la tradición, siempre que se mantenga su uso tradicional y no permitiendo, en ningún caso, un cambio de uso salvo el acondicionamiento museístico.

### 3. NORMATIVA DE ACCESIBILIDAD

- *Decreto 35/2000, de 28 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de desarrollo y ejecución de la Ley de accesibilidad y supresión de barreras en la Comunidad Autónoma de Galicia:*
- *Orden VIV/561/2010, de 1 de febrero, por la que se desarrolla el documento técnico de condiciones básicas de accesibilidad y no discriminación para el acceso y utilización de los espacios públicos urbanizados.*

Estas normas se explicarán a la hora de ser aplicadas en el **ANEJO 08: ESTUDIO DE ALTERNATIVAS**.



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE  
INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES  
Y PUERTOS DE A CORUÑA



FUNDACIÓN DE LA  
INGENIERIA CIVIL  
DE GALICIA



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

**José Luis Rodríguez Rodríguez**  
**JUNIO 2016**

# **-Anejo 04-**

# **GEOLOGÍA**





# ÍNDICE

## 1. INTRODUCCIÓN

## 2. SITUACIÓN

- 2.1. EL MACIZO IBÉRICO
- 2.2. ZONA DE GALICIA – TRAS OS MONTES
- 2.3. DOMINIO ESQUISTOSO DE GALICIA – TRAS OS MONTES

## 3. ESTRATIGRAFÍA Y PALEOGEOGRAFÍA

## 4. TECTÓNICA

- 4.1. PRIMERA FASE DE DEFORMACIÓN
- 4.2. SEGUNDA FASE DE DEFORMACIÓN
- 4.3. FASES TARDÍAS

## 5. PETROLOGÍA

- 5.1. ROCAS ÍGNEAS
- 5.2. DEPÓSITOS ALUVIALES
- 5.3. SUELOS ELUVIALES

## 6. GEOLOGÍA ECONÓMICA

- 6.1. HIDROGEOLOGÍA
- 6.2. CANTERAS
- 6.3. MINERÍA

## APÉNDICE 04: GEOLOGÍA

## 1. INTRODUCCIÓN

El objetivo del presente anejo es determinar las características geológicas del terreno en el que se encuentra la zona de proyecto.

Los datos de la zona que se aportan a continuación han sido obtenidos a partir del Mapa Geológico Nacional a escala 1/50.000 del Instituto Geológico y Minero de España (IGME) - Hoja 301 (Lobios). En el Apéndice de este anejo se adjunta el Plano Geológico, donde se puede consultar el mapa que sirve de base para este estudio.

Al mismo tiempo, se hará referencia al contexto geológico de toda Galicia. Además de dicha información, se han completado los datos obtenidos por el IGME con extrapolaciones realizadas a partir de estudios realizados para proyectos en la zona.

## 2. SITUACIÓN

### 2.1. El Macizo Ibérico

El Macizo Ibérico (término de aceptación casi general, que ha sido denominado también como “Macizo Hespérico” ó “Macizo Herciniano”) es una gran unidad geológica constituida por rocas cuya datación va desde el Proterozoico al Carbonífero, deformadas y en parte metamorizadas e intruídas por diferentes tipos de granitoides antes del Pérmico, que ocupa gran parte de la mitad occidental de la península y que corresponde al afloramiento más occidental del Orógeno Varisco Europeo.

El Macizo Ibérico ha sido dividido en diferentes zonas basándose en sus características estratigráficas, estructurales, metamórficas y magmáticas:

- Zona Cantábrica
- Zona Asturoccidental – Leonesa
- Zona Centroibérica
- Zona de Galicia - Trás-os-Montes
- Zona de Ossa - Morena
- Zona Sud - Portuguesa

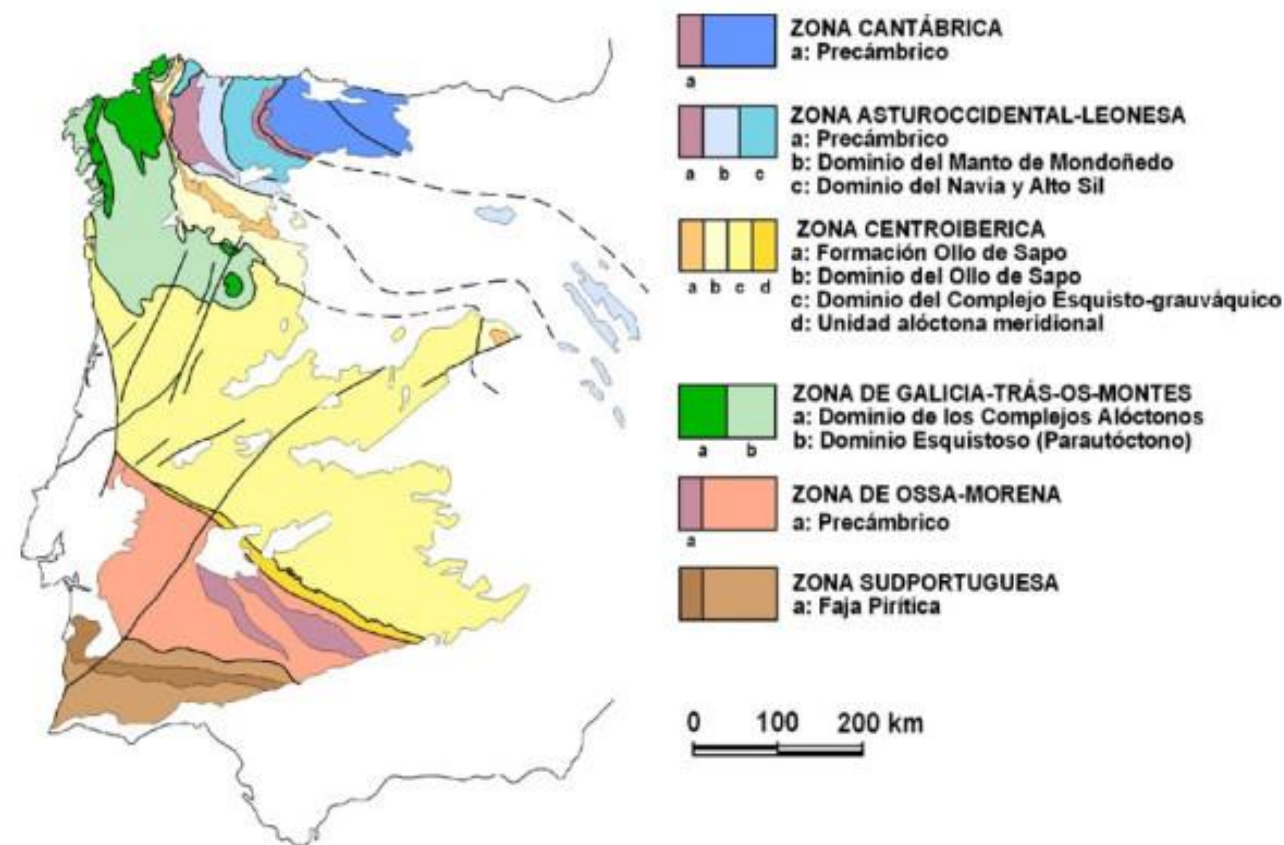


Fig.1. Esquema del macizo ibérico.

Puede resaltarse que, mientras las zonas Cantábrica y Sud - Portuguesa tienen características típicas de las zonas externas de un orógeno, con abundancia de sedimentos sinorogénicos y deformación superficial, el resto de las zonas tienen los rasgos de las zonas internas, con una deformación importante acompañada de metamorfismo y magmatismo.

Según la zonación descrita, la región en donde se va a llevar a cabo el proyecto se situaría dentro del Dominio Esquistoso (*Parautóctono*) de la Zona de Galicia - Trás-os-Montes.

### 2.2. Zona de Galicia – Tras-os-Montes

El sector más interno del NO del Macizo Ibérico está ocupado por la llamada Zona de Galicia – Trás-os-Montes.



Los materiales de esta zona cabalgan sobre los de la Zona Centroibérica y tienen su límite meridional en la región portuguesa de Trás-os-Montes. Dicha zona muestra una disposición discontinua y se prolonga longitudinalmente a la cadena tan sólo unos 300 km. Está constituida por dos dominios superpuestos: un conjunto inferior representado por el Dominio Esquistoso de Galicia – Trás-os-Montes, y un conjunto superior constituido por los Complejos Alóctonos de Galicia – Trás-os-Montes.

El Dominio Esquistoso de Galicia – Trás-os-Montes también se suele describir como *parautoctono*, porque, aunque está constituido por materiales de naturaleza alóctona, éstos han experimentado un desplazamiento mucho menor que los de los Complejos Alóctonos. Está caracterizado por metasedimentos paleozoicos, sobre todo esquistos, y por un magmatismo de naturaleza fundamentalmente félsica.

Está limitado en su base por un cabalgamiento y muestra una estructura interna imbricada. Aunque la secuencia paleozoica del Dominio Esquistoso de Galicia – Trás-os-Montes muestra características diferentes a las del autóctono de la Zona Centroibérica, todavía es posible realizar una correlación estratigráfica entre ambos conjuntos, así como reconocer en ellos una historia tectonotermal varisca similar.

Por lo tanto, este dominio no se puede considerar un terreno exótico fuertemente desplazado, sino que muestra muchas analogías con el sustrato de la Zona Centroibérica, y debe considerarse junto a ésta parte integrante del margen septentrional de Gondwana durante el Paleozoico.

Los Complejos Alóctonos ocupan la posición estructural superior en el NO del Macizo Ibérico. Fueron emplazados en principio mediante encabalgamiento sobre el Dominio Esquistoso, experimentando después la Zona de Galicia – Trás-os-Montes en su conjunto una traslación sobre la Zona Centroibérica. Están formados por una superposición de unidades alóctonas que han sido objeto de enormes desplazamientos y formaron parte de un gigantesco apilamiento inicial de mantos.

La denominación de “complejos” se sustenta en que las distintas unidades alóctonas exhiben historias metamórficas y estructurales diferentes y distintivas. Éstas incluyen conjuntos ofiolíticos de origen oceánico, así como otros terrenos de afinidad continental. O lo que es lo mismo, los Complejos Alóctonos contienen restos de las litosferas oceánicas eliminadas en casi su totalidad durante la colisión varisca, así como partes de los márgenes de los elementos colisionantes, y otros terrenos de variada naturaleza situados en una situación intermedia entre ambos.

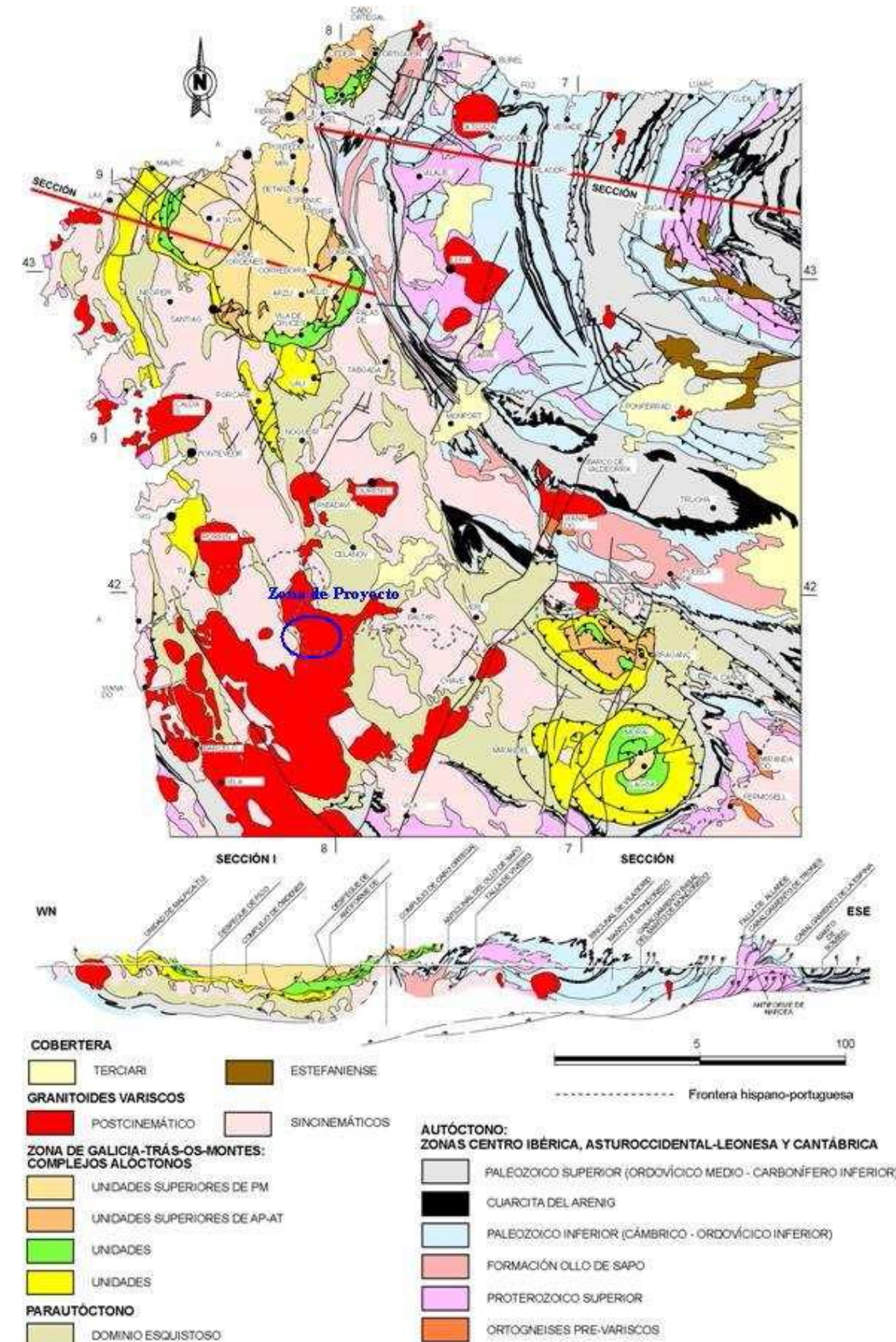


Fig.2. Mapa y sección general del NO del Macizo Ibérico.



### 2.3. Dominio Esquistoso de Galicia – Tras-os-Montes

Según la distinción descrita anteriormente, la región en donde se va a desarrollar el proyecto se situaría dentro del Dominio Esquistoso de Galicia – Trás-os-Montes, que constituye una lámina alóctona emplazada sobre rocas del Paleozoico Inferior y Precámbrico pertenecientes a la Zona Centroibérica, cuyos afloramientos se distribuyen desde la costa N de Galicia hasta el río Duero en el N de Portugal y NO de Zamora.

Desde un punto de vista paleográfico la zona afectada por el proyecto se encuadra en el dominio de la zona IV (Galicia media - Tras os Montes) de Matte.

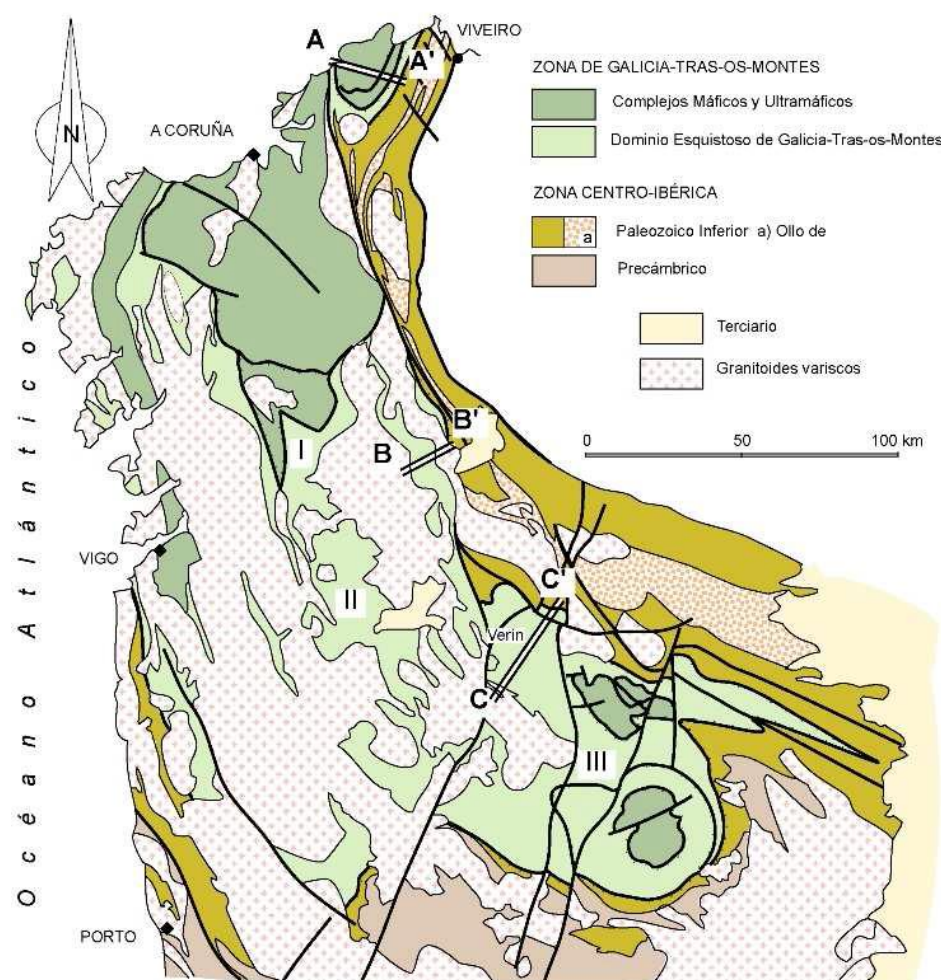


Fig.3. Mapa geológico en el que se muestra la distribución de las rocas del Dominio Esquistoso y la ubicación de los cortes representados en la Fig.5. Se muestran asimismo tres áreas: I. Área Esquistosa de Galicia Central; II. Área de Celanova-Ribadavia; III. Región de Trás-os-Montes.

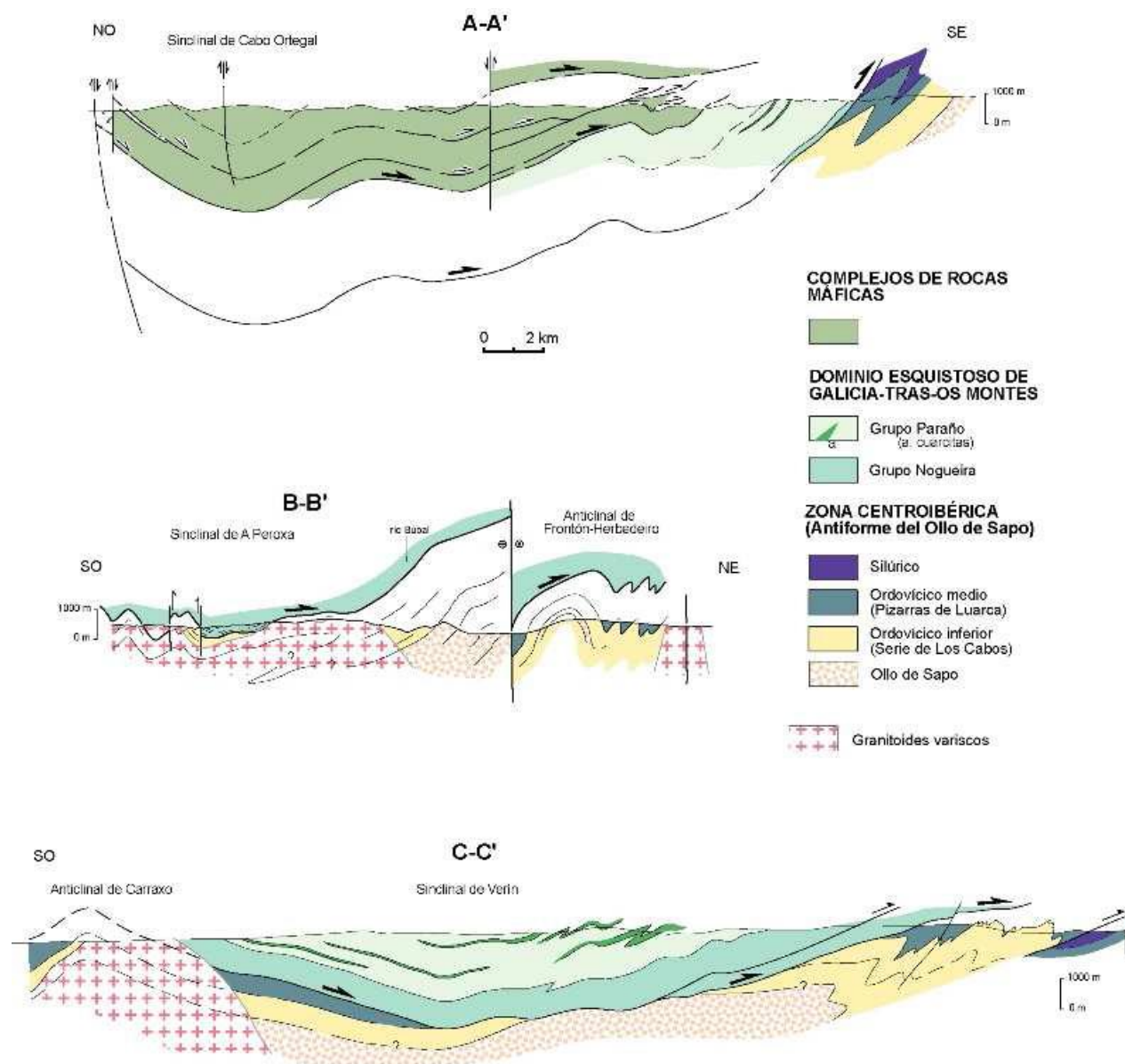


Fig.4. Cortes geológicos en los que se muestra la estructura del Dominio Esquistoso y sus relaciones con su autóctono y alóctono relativos.

### 3. ESTRATIGRAFÍA Y PALEOGEOGRAFÍA

El Dominio Esquistoso está integrado por dos unidades litoestratigráficas diferenciadas y forman un conjunto de metasedimentos siliciclásticos y rocas metavulcánicas de más de 3.500 metros de espesor, los cuales, en su totalidad, han sido interpretados como representantes de la más extensa parte del margen continental de Gondwana:

- El “Grupo de Nogueira”, que se encuentra en la base de la sucesión y siempre truncado por el encabalgamiento basal de la Zona de Galicia – Trás-os-Montes, está constituido por filitas grises y negras y ampelitas oscuras con abundante materia carbonosa, que confiere a las rocas un aspecto grafitoso y un tacto untuoso. Son frecuentes también los niveles de liditas de espesor centimétrico. Su potencia mínima es del orden de 1.000 metros en el Sinforme de Verín, 2.500 en el área de Chantada y solo 100 metros en la Cubeta de La Seara (Ribadavia).
- El “Grupo de Paraño” reposa sobre el anterior y está formado por una sucesión monótona de carácter detrítico, constituida por filitas, cuarzofilitas y grauvacas de colores pardos, verdes, anaranjados y ocre. En su parte media se intercalan varios niveles de cuarcitas blancas de grano grueso y espesor no mayor de 30 cm., así como de vulcanitas. Su potencia es menor, no superando los 50 metros en el Sinclinal de Verín y alcanzando los 200 en Cabo Ortegal. Son materiales de edad ordovícica.

Estos grupos están apoyados sobre las series conformantes del Antiforme Olló de Sapo, perteneciente a la Zona Centroibérica (su autóctono relativo). Estas series tienen su base en el Antiforme Olló de Sapo.

Siguiendo a esta capa, en orden cronológico, se disponen: la Serie de los Cabos (Ordovícico Inferior), las Pizarras de Luarca (Ordovícico Medio) y, por último, el Silúrico.

Asimismo, sobre ellas, cabalgan los materiales de los Complejos Alóctonos (su alóctono relativo), que son fundamentalmente rocas máficas y relacionadas.

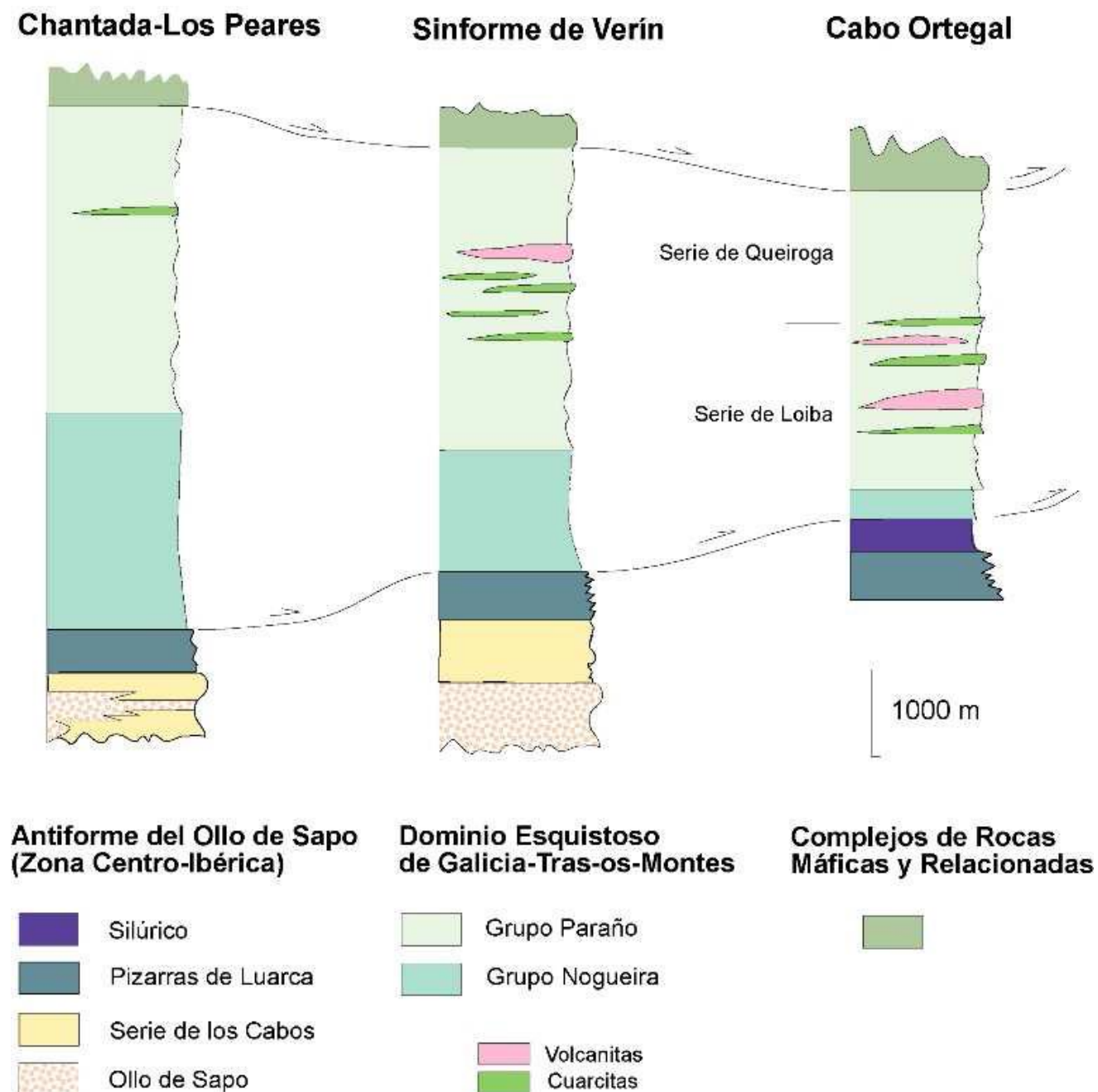


Fig.5. Columnas estratigráficas del Dominio Esquistoso en tres sectores de la cadena.





## 4. TECTÓNICA

La deformación de los metasedimentos del Dominio Esquistoso de Galicia – Trás-os-Montes tuvo lugar a lo largo de un proceso más o menos continuo durante la Orogenia Varisca, reconociéndose estructuras generadas en tres episodios principales.

Esta deformación se produjo en condiciones metamórficas correspondientes a las facies de los esquistos verdes, con excepción de las áreas cercanas a los granitoides intruídos durante la tercera fase de la deformación, donde el metamorfismo térmico llega a alcanzar la zona de la sillimanita + FK. Las rocas se encuentran además afectadas por un conjunto de fallas tardi-variscas y alpinas.

### 4.1. Primera fase de deformación

La fábrica regional primaria en los metasedimentos es una foliación de tipo “clivaje pizarroso” generada durante la primera fase de la deformación (D1). Los pliegues relacionados con esta deformación, apretados y vergentes al E, son muy escasos y únicamente alcanzan la escala cartográfica aquellos desarrollados en los niveles de cuarcitas del Grupo de Paraño.

### 4.2. Segunda fase de deformación

Como en las regiones geológicas vecinas, la segunda fase de la deformación (D2) se relaciona con el emplazamiento de la lámina alóctona. Está representada por un amplio conjunto de estructuras entre las que destacan el Cabalgamiento basal del Dominio Esquistoso y, por extensión, de la de Zona Galicia – Trás-os-Montes y la foliación (S2).

El Cabalgamiento basal del Dominio Esquistoso se dispone paralelo o subparalelo a los materiales del bloque cabalgante, constituyendo un rellano cuyas dimensiones superan los 100 km de longitud medidos en la dirección de avance y más de 120 km de N a S. Por la contra, la superficie de cabalgamiento interseca pliegues previos de todo orden y escala que afectan a sucesiones del autóctono relativo. Asociada al cabalgamiento, en las rocas del bloque cabalgante se diferencia una zona de intensa filonización cuyo espesor oscila entre los 50 y los 300 metros.

La foliación (S2) se muestra en el afloramiento como un clivaje pizarroso subparalelo a las anisotropías previas. Sin embargo, se observa a escala microscópica que esta foliación consiste en un “clivaje en dominios” definidos por la alternancia de microlitones ricos en cuarzo y otros ricos en micas, en los que a menudo se conservan micropliegues producidos en una foliación previa (S1).

Los pliegues generados en relación con la deformación D2 son escasos y de escala microscópica centimétrica, apareciendo desarrollados en filonitas asociadas al cabalgamiento basal, además de los microlitones previamente mencionados.

### 4.3. Fases tardías

La tercera fase de deformación (D3) está representada por pliegues a todas las escalas, entre los que destacan los de escala cartográfica, en cuyos núcleos sinclinales se ubican los mayores afloramientos de la sucesión de este dominio.

Son pliegues de plano axial subvertical o fuertemente inclinado al oeste y homoaxiales con los pliegues previos.

El tamaño de estos pliegues está condicionado por el grado metamórfico y más concretamente, por su proximidad a las intrusiones graníticas. Generalmente llevan asociado un clivaje de crenulación y en las áreas cercanas a los cuerpos intrusivos es frecuente el desarrollo de esquistosidad.

Se considera que las fases de deformación de este dominio están ubicadas temporalmente en torno al emplazamiento de la lámina alóctona y a la deformación de los pliegues D3 (Carbonífero).

El pico del metamorfismo regional se produce en la interface D2-D3, mientras que el máximo térmico asociado a la intrusión de granitoides tuvo lugar al principio del D3.





## 5. PETROLOGÍA

### 5.1. Rocas ígneas

Dentro de esas rocas hercínicas postcinemáticas, el área estudiada se sitúa en superficie sobre materiales constituidos por granitos biotíticos y granodioritas biotíticoanfibólicas en facies de grano medio, sin o con pocos megacristales, pertenecientes a los granitoides variscos calcoalcalinos y subalcalinos incluidos dentro de un batolito con continuidad en Portugal, situado al SO del Domo de Celanova-Xinzo de Limia y que se materializa en el conocido como *Macizo de Lobios*.

### 5.2. Depósitos aluviales

En el fondo del valle del río Limia, ahora anegado por las aguas del embalse de Lindoso, se presentan unos depósitos aluviales de escaso desarrollo y potencia.

### 5.3. Suelos eluviales

La meteorización del sustrato granítico da lugar a un suelo arenoso de alteración típico en estos materiales constituido por los componentes desagregados de dichos granitos (“*jabre*”) y que no suelen alcanzar mucha potencia.

## 6. GEOLOGÍA ECONÓMICA

### 6.1. Hidrogeología

En general, se considera que los granitos son impermeables o de permeabilidad baja, si bien, dependiendo de su estado de fracturación, alteración y presencia de diques y filones puede ser algo mayor pudiendo dar lugar a pequeños acuíferos de cierto interés. La escorrentía superficial es activa.

### 6.2. Canteras

Es posible localizar varias explotaciones de roca (tanto canteras como yacimientos) activos e inactivos de granitos, arenas (“*jabre*”) y gravas aluviales:

- Explotación abandonada de gravas (áridos naturales), y actualmente anegada por el embalse de Lindoso, perteneciente al municipio de Lobios.
- Cantera de granito (rocas de construcción) intermitente en A Illa (Entrimo).
- Cantera de granito (áridos de trituración) de Alpuente – A Illa (Entrimo).
- Cantera de granito (áridos de trituración) abandonada en Muiños.
- Cantera de “jabre” (áridos naturales) abandonada en Portaxe (Lobios).

### 6.3. Minería

En lo alto del valle glaciar de Vilameá, a 1250 metros de altitud, se encuentran los restos de la vieja mina de estaño y wolframio de As Sombras.

Subiendo un poco más, a 1330 metros de altura, se encuentra la divisoria de aguas y frontera con Portugal, *A Raia Seca*, señalada por un rústico muro de piedra, y al otro lado el impresionante valle glaciar de Homem, con la mina gemela de Os Carrís, que explotaba los mismos filones de estaño y wolframio por la parte portuguesa.



Foto 1. Valle glaciar de Homem.



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE  
INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES  
Y PUERTOS DE A CORUÑA



FUNDACIÓN DE LA  
INGENIERIA CIVIL  
DE GALICIA



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

**José Luis Rodríguez Rodríguez**  
**JUNIO 2016**

# **-Apéndice 04-**

## **GEOLOGÍA**



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE  
INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES  
Y PUERTOS DE A CORUÑA



FUNDACIÓN DE LA  
INGENIERIA CIVIL  
DE GALICIA



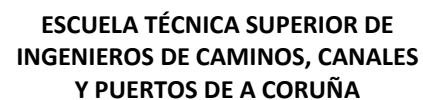
UNIVERSIDADE DA CORUÑA

**José Luis Rodríguez Rodríguez**  
**JUNIO 2016**

# ÍNDICE

## 1. MAPA GEOLÓGICO DE ESPAÑA. HOJA LOBIOS.





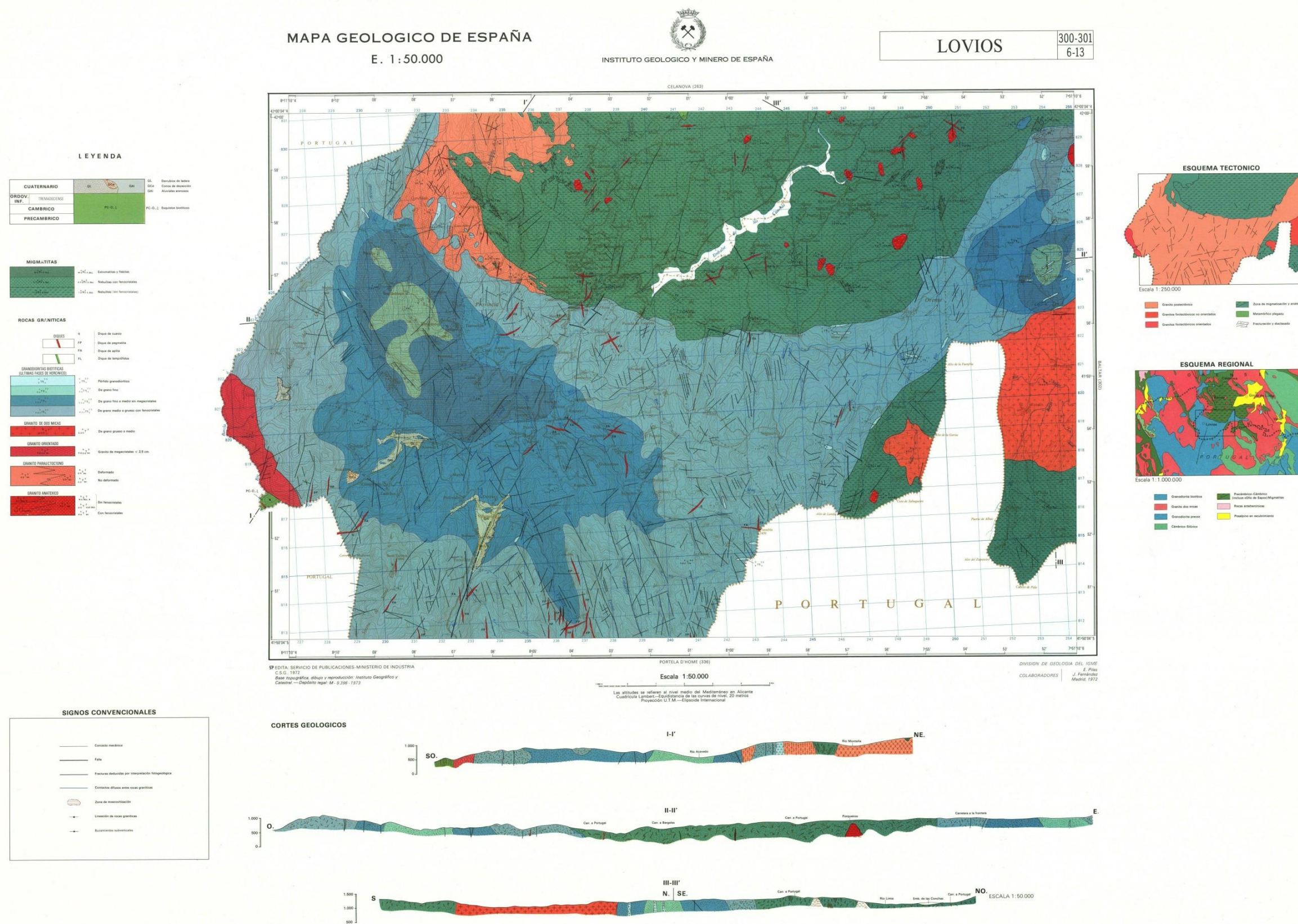
**FUNDACIÓN DE LA  
INGENIERIA CIVIL  
DE GALICIA**



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

**José Luis Rodríguez Rodríguez**

**JUNIO 2016**



**Fig.1. Mapa Geológico de España. Hoja Lobios.**

## Mejora de los márgenes y pasarela sobre el Río Caldo – Concello de Lobios (Ourense)





ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE  
INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES  
Y PUERTOS DE A CORUÑA



FUNDACIÓN DE LA  
INGENIERIA CIVIL  
DE GALICIA



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

**José Luis Rodríguez Rodríguez**  
**JUNIO 2016**

# **-Anejo 05-**

# **GEOTECNIA**

**Mejora de los márgenes y pasarela sobre el Río Caldo – Concello de Lobios (Ourense)**



# ÍNDICE

## 1. INTRODUCCIÓN

## 2. CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS

## 3. INTERPRETACIÓN GEOTÉCNICA DE LOS TERRENOS

- 3.1. TERRENOS CON CONDICIONES CONSTRUCTIVAS MUY DESFAVORABLES
- 3.2. TERRENOS CON CONDICIONES CONSTRUCTIVAS DESFAVORABLES
- 3.3. TERRENOS CON CONDICIONES CONSTRUCTIVAS ACEPTABLES
- 3.4. TERRENOS CON CONDICIONES CONSTRUCTIVAS FAVORABLES

## 4. RECONOCIMIENTOS GEOTÉCNICOS EMPLEADOS

- 4.1. TRABAJOS DE CAMPO
  - 4.1.1. METODOLOGÍA Y BASE TEÓRICA
  - 4.1.2. ENSAYOS DE CAMPO
  - 4.1.3. TOMA DE MUESTRAS
- 4.2. ENSAYOS DE LABORATORIO

## APÉNDICE 05: GEOTECNIA



## 1. INTRODUCCIÓN

El objeto de este anejo es realizar el estudio del comportamiento mecánico del subsuelo en el entorno de emplazamiento del proyecto. Se tratará de estudiar las tensiones y deformaciones que el suelo experimenta bajo estados de carga y que proporciona la información necesaria para determinar el tipo y dimensionamiento de las infraestructuras a construir.

Para determinar la aptitud del terreno es necesario estudiar una serie de aspectos fundamentales, como son la topografía y la morfología, formaciones litológicas blandas y consolidadas, así como sus características mecánicas, niveles freáticos y posibilidades de drenaje; y otra serie de factores secundarios, como la climatología, sismología y la existencia o no de recursos naturales, como son el agua, la vegetación, los materiales rocosos, etc.

Es necesario tener en cuenta el carácter académico del presente Anteproyecto Fin de Grado, razón por la cual no ha sido posible llevar a cabo, sobre el terreno, una campaña de sondeos y ensayos de laboratorio por lo que los resultados del presente estudio (aunque debidamente fundamentados) no tienen por qué corresponderse con la realidad y no deben utilizarse para otro fin que no sea el académico; se han obtenido basándose en otros proyectos o datos reales de zonas próximas.

## 2. CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS

Se ha consultado el mapa geotécnico editado por el IGME (Instituto Geológico y Minero de España) para disponer de más información sobre las características geotécnicas del suelo presente en la zona de proyecto.

La “Hoja nº27: Verín” es la correspondiente a la zona que se va a estudiar.

Concretamente la zona en la que se ubicará la pasarela está localizada en dicho mapa geotécnico en la región I (afloramientos plutónicos), y dentro de la misma en un área denominada I<sub>1</sub> (rocas graníticas):

- Esta área está formada por los afloramientos de rocas plutónicas, en general de naturaleza granítica, recubiertos por un suelo granular de potencia variable.
- Litológicamente es un área favorable con condiciones morfológicas de montañosas a planas.
- Impermeable con escaso drenaje interno por fisuración y parcialmente por filtración en las zonas con recubrimiento importante.
- La escorrentía superficial es activa.
- Capacidad de carga alta y asientos nulos.
- Las condiciones constructivas son de desfavorables a favorables.

## 3. INTERPRETACIÓN GEOTÉCNICA DE LOS TERRENOS

### 3.1. Terrenos con condiciones constructivas muy desfavorables

Se agrupan en este apartado zonas en las que las condiciones constructivas resultan francamente desfavorables, por concurrir en ellas problemas de los siguientes tipos:

- Geomorfológicos.
- Geomorfológicos y litológicos.
- Geomorfológicos y geotécnicos.
- Geotécnicos e hidrológicos.

Se incluyen en esta clasificación todas las zonas montañosas siguiendo el criterio de que, para la mayor parte de las obras que se realizarán, serían necesarias excavaciones y explanaciones de importancia.





### 3.2. Terrenos con condiciones constructivas desfavorables

Los tipos de problemas que se presentan en las zonas incluidas en esta clasificación son los mismos que ocurrirían para los terrenos con condiciones constructivas muy desfavorables, sólo que aquí presentan una intensidad menor. En definitiva los problemas son del tipo:

- Geomorfológicos.
- Geomorfológicos y litológicos.
- Geomorfológicos y geotécnicos.
- Geotécnicos e hidrológicos.

### 3.3. Terrenos con condiciones constructivas aceptables

Esta clasificación comprende zonas donde la intensidad de los problemas no ha de producir dificultades de orden mayor, por lo que se las considera con condiciones constructivas normales. Los grupos de problemas que se pueden presentar son:

- Litológicos, geomorfológicos e hidrológicos.
- Geotécnicos e hidrológicos.

### 3.4. Terrenos con condiciones constructivas favorables

Predominan los terrenos llanos en los que los factores con incidencia geotécnica no imponen dificultades constructivas desde el punto de vista general, pudiéndose presentar puntos muy específicos con propiedades más desfavorables. Los problemas tipo que se presentan son:

- Hidrológicos y geomorfológicos.

## 4. RECONOCIMIENTOS GEOTÉCNICOS EMPLEADOS

Dado el carácter académico de este anteproyecto, no es posible contar con sondeos reales de la zona de estudio. Por lo tanto, para la elaboración de este apartado, se ha recurrido a una serie de ensayos ficticios, aunque se ha procurado que los resultados y conclusiones sean similares a los que razonablemente se obtendrían en un reconocimiento real.

### 4.1. Trabajos de campo

#### 4.1.1. Metodología y base teórica

Se han realizado dos perfiles geofísicos mediante la técnica de sísmica de refracción, con el fin de determinar el espesor de los estratos en la zona de estudio.

Este tipo de reconocimientos son adecuados cuando es necesario investigar de modo rápido y económico alineaciones de cierta longitud. No obstante, una interpretación definitiva de los resultados es difícil. Por ello, estos procedimientos han de ser completados, tal y como se hará en este anteproyecto, con sondeos mecánicos que permitan confirmar la estratigrafía y las características del terreno deducidas de la interpretación geofísica. Sin embargo, los perfiles geofísicos son muy útiles para la interpolación de información entre sondeos mecánicos.

El método de la sísmica de refracción se basa en la propagación de ondas elásticas a través de los materiales que forman el subsuelo.

Para su aplicación se introduce en el terreno una energía por golpeo, una explosión o la caída de una masa, creándose un frente de ondas elásticas que se propagará a través de los materiales de forma similar a un rayo luminoso, cumpliendo las leyes que rigen a éstos. Sufrirá entonces este frente procesos de reflexión, refracción y difracción entre otros. En este caso, la fuente de energía consiste en el golpe de una maza de 8 kilos de peso sobre una superficie circular de duraluminio que lleva incorporado el sistema de apertura del circuito de medición.



Mediante unos sensores similares a un sismógrafo, denominados geófonos, se recogen las ondas directas y refractadas, cuyas vibraciones se traducen en impulsos eléctricos reflejados en un osciloscopio para su análisis.

De entre todas las ondas emitidas y refractadas se señala o utiliza la primera de llegada entre las más rápidas, denominadas primarias u ondas P, obteniéndose así una representación gráfica de espacio tiempo.

Posteriormente, aplicando las leyes de Snell y la de propagación de rayos luminosos en diferentes medios, y a partir de los gráficos anteriores, se obtienen los valores de las velocidades de propagación del frente de ondas en las diferentes capas del terreno, correspondiéndose una mayor velocidad de propagación con una mayor compacidad de los materiales.

Por tanto, se puede mediante la realización de estos perfiles, determinar la potencia de alteración en macizos rocosos, así como la estimación de propiedades del terreno en función de las velocidades de propagación.

#### 4.1.2. Ensayos de campo

- Ensayo de Penetración Estándar SPT:

El ensayo STP, como todos los ensayos de penetración dinámica, son adecuados para suelos blandos o de consistencia media. El ensayo se realiza por golpeo y en caída libre de una maza de 63,5 Kg de peso y desde una altura de 76 cm. El elemento de ensayo se introduce en el terreno 60 cm, divididos en cuatro tramos de 15 cm. El resultado del ensayo es el número (N) de golpes necesarios para introducir los dos tramos intermedios de 15 cm cada uno. Si el golpeo supera un valor  $N=100$  golpes se interrumpe el ensayo considerando que se ha alcanzado el rechazo.

Con los valores obtenidos podemos afirmar que la primera capa de terreno presenta consistencia media.

- Índice RQD:

El índice RQD (“Rock Quality Designation” o índice de calidad de la roca) es una medida cuantitativa del estado de fracturación de la roca. Este índice representa el porcentaje de longitud de piezas de testigo recuperadas iguales o mayores que 10 cm, frente a la longitud teórica del núcleo de roca recortada.

Los porcentajes de recuperación oscilan entre los valores 62% y 85%, para el estrato rocoso superior fragmentado.

- Sondeos:

Los sondeos se han realizado por el sistema de rotación. Consiste en introducir en el terreno un tubo circular hueco, tubo sacatestigos, provisto de una corona de corte en su base. Penetra en el terreno tallándolo y alojándolo en su interior, cuando se le proporciona una presión estática y hacia abajo a la vez que un par de rotación.

Cuando el tubo sacatestigos penetra una cierta longitud, del orden de unos dos metros, se eleva y se retira, recuperándose el terreno alojado en su interior, para luego constituir el testigo de la perforación. Este testigo se aloja en cajas de madera, separando con tabillas cada tramo recuperado y anotando entre las mismas la profundidad en que se obtiene.

Al comienzo de los sondeos siempre se ha empleado el mayor diámetro de los tubos sacatestigos disponibles y se ha perforado con el mismo hasta la profundidad en que se ha optado por proseguir la perforación con un diámetro menor, para facilitar todas las operaciones de recuperación de testigos.

- Calicatas:

En la zona objeto de estudio se han excavado 5 calicatas mecánicas mediante una retroexcavadora mixta, con objeto de reconocer desde el punto de vista geológico los distintos materiales que conforman el sustrato más superficial, así como determinar la profundidad de la superficie freática, si fuese detectada, y el comportamiento de los materiales aflorados.



En los niveles identificados se ha procedido a la toma de muestras representativas para caracterizarlos, mediante la ejecución de ensayos de identificación en el laboratorio.

La profundidad alcanzada en las calicatas varía entre 1 y 2 m.

#### 4.1.3. Toma de muestras

A intervalos más o menos regulares de la perforación, después de retirar el tubo sacatestigos se procede a la toma de muestras inalteradas. Éstas se recuperan empleando una cuchara toma muestras, la cual se hincan en el fondo del sondeo hasta entonces perforado.

Una cuchara es un tubo cilíndrico, constituido por una zapata biselada, un cuerpo dividido en dos medias cañas y una válvula esférica. En el interior del cuerpo de la cuchara se coloca un tubo de PVC, en el que se introduce la muestra, a la que sirve de protección cuando se retira de la cuchara para ser llevada al laboratorio. Cuando se emplean cucharas cuyos diámetros exteriores e interiores cumplen ciertas proporciones, para que el proceso de hincan de las mismas destruya lo menos posible las propiedades del terreno, se dice que las muestras son inalteradas. Las muestras en este trabajo recuperadas que se pueden considerar como tales, se identifican con “I” de inalterada y el diámetro exterior al que corresponde.

Para la realización de los ensayos SPT se procede a la toma de muestras con la cuchara estándar y se obtienen muestras SPT. Las muestras obtenidas mantienen la humedad pero no las características mecánicas.

Como la toma de muestras se realiza hincando las cucharas, el proceso puede ser considerado como una medida de la resistencia del terreno a la penetración dinámica. Cuando se hincan la cuchara estándar se cuenta el número de golpes de maza necesarios para hincar cada uno de los cuatro tramos de 15 cm que forman la longitud total de 60 cm del cuerpo de la cuchara, siendo el número SPT la suma de los golpes necesarios para hincar los dos tramos intermedios de 30 cm. La hincan se debe hacer, para que el proceso se pueda considerar como ensayo estándar, golpeando con una maza de 65Kg dejada caer desde 75 cm de altura.

#### 4.2. Ensayos de laboratorio

Las muestras recuperadas son llevadas al laboratorio de mecánica del suelo, donde se abren para su identificación y realización de ensayos pertinentes:

Ensayos Físicos:

- Análisis granulométrico por tamizado y determinación de la densidad seca.
- Límites de Atterberg.
- Humedad natural.
- Ensayo Proctor Normal.
- Ensayo CBR.
- Hinchamiento libre a la densidad máxima del Proctor Normal.

Ensayos Químicos:

- Contenido en sulfatos.
- Contenido en sales solubles.
- Determinación del contenido en materia orgánica.

A continuación se describen algunos de los ensayos:

- Coeficiente de permeabilidad:

Permite determinar la mayor o menor dificultad al paso del agua a través de sus poros. A partir de un aparato denominado permeámetro en el que se introduce la muestra donde el flujo de agua se produce de manera vertical una vez saturada la muestra. De esta forma se determina el tiempo que tarda un caudal Q en atravesarla. Debido a las propiedades impermeables de la arcilla este método no resulta viable por lo que se ha utilizado un ensayo triaxial para determinar el coeficiente de permeabilidad.

- Índice de Lambe:

Representa la presión que ejerce el suelo al humectarse en el interior de un molde y reaccionar contra un pistón calibrado.





- Ensayo de presión de hinchamiento:

Es la máxima presión que desarrolla una muestra de suelo inalterado dentro de un molde edométrico.

- Límites de Atterberg:

Atterberg define unos límites con los que se determina la consistencia del suelo en función del contenido de agua a partir de la determinación de la humedad. Se especifican tres límites, LP (límite plástico) que separa el estado semisólido del plástico, LL (Límite líquido) que separa el estado plástico del semilíquido y el de retracción o consistencia que separa el estado sólido seco y el semisólido.

Determinados los límites LL y LP se puede obtener un punto representativo de cada muestra de suelo en la carta de Plasticidad de Casagrande representando la relación del límite líquido con el índice de plasticidad (IP) siendo  $IP = LL - LP$ , es decir, intervalo de humedades para pasar de estado semisólido al semilíquido. A partir de diversos estudios prácticos se define que los suelos con  $LL > 50$  son considerados como suelos de alta plasticidad (admiten mucha agua pudiendo dar deformaciones plásticas grandes), por el contrario si  $LL < 50$  se consideran de baja plasticidad.

- Penetración Dinámica (DPSH):

El ensayo penetrométrico superpesado (DPSH) consiste en la medida de la resistencia a la penetración del terreno, mediante la introducción en el terreno de una puntaza de forma cónica, con un ángulo en punta de  $90^\circ$ . La introducción se realiza por el golpeo de una masa de 63.5 kg, con una caída de 760 mm. Se registrará el número de golpes (N20), requerido para introducir en el terreno 200 mm la puntaza. Se considerará rechazo cuando se alcanza un N20 de 100.

Con estos ensayos de penetración dinámica se busca averiguar la consistencia de los suelos y estimar la tensión admisible del terreno.



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE  
INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES  
Y PUERTOS DE A CORUÑA



FUNDACIÓN DE LA  
INGENIERIA CIVIL  
DE GALICIA



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

**José Luis Rodríguez Rodríguez**  
**JUNIO 2016**

# **-Apéndice 05-**

## **GEOTECNIA**



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE  
INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES  
Y PUERTOS DE A CORUÑA



FUNDACIÓN DE LA  
INGENIERIA CIVIL  
DE GALICIA



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

**José Luis Rodríguez Rodríguez**  
**JUNIO 2016**

# ÍNDICE

## 1. MAPA GEOTÉCNICO DE ESPAÑA. HOJA VERÍN.



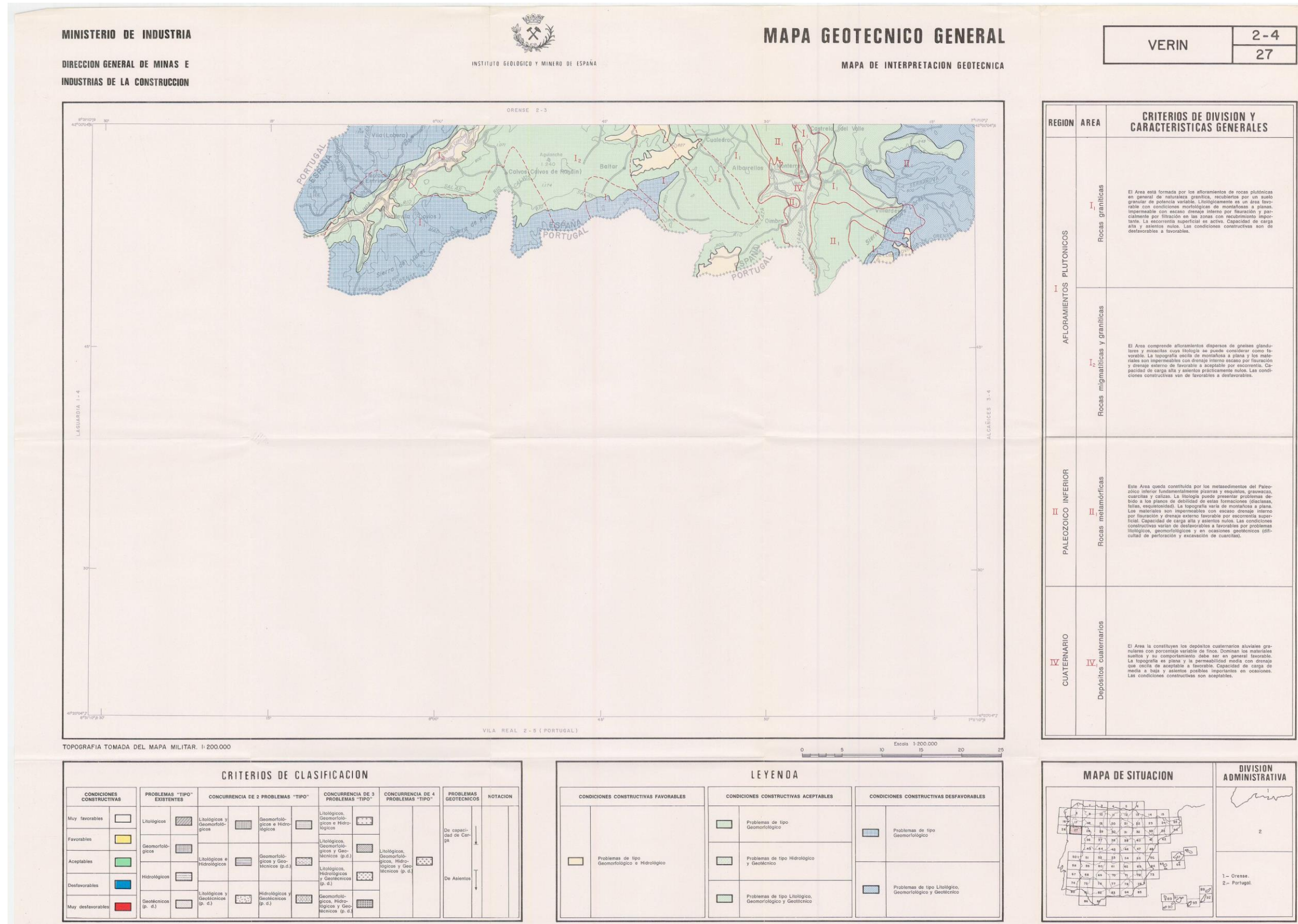


Fig.1. Mapa Geotécnico de España. Hoja Verín.

Mejora de los márgenes y pasarela sobre el Río Caldo – Concello de Lobios (Ourense)



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE  
INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES  
Y PUERTOS DE A CORUÑA



FUNDACIÓN DE LA  
INGENIERIA CIVIL  
DE GALICIA



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

**José Luis Rodríguez Rodríguez**  
**JUNIO 2016**

# **-Anejo 06-**

# **HIDROLOGÍA**



# ÍNDICE

## 1. INTRODUCCIÓN

## 2. DESCRIPCIÓN DE LA CUENCA DEL RÍO CALDO

2.1. PENDIENTE MEDIA DEL CAUCE

2.2. TIEMPO DE CONCENTRACIÓN DE LA CUENCA

## 3. CÁLCULO HIDROLÓGICO DE AVENIDAS

## 4. MÉTODOS EMPÍRICOS

4.1. FÓRMULA DE ZAPATA

4.2. FÓRMULA DE SANTI

4.3. FÓRMULA DE QUIJANO

4.4. FÓRMULA DE GETE-ONCINS

4.5. FÓRMULA DE TÉMEZ

## 5. MÉTODO RACIONAL

5.1. INTENSIDAD DE PRECIPITACIÓN

5.2. COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA

## 6. RESULTADOS

## APÉNDICE 06: HIDROLOGÍA





## 1. INTRODUCCIÓN

El presente anejo tiene como función la obtención de los caudales de avenida del río Caldo para distintos períodos de retorno, con el objetivo de ejecutar un modelo del río el cual nos permita analizar su comportamiento actual.

## 2. DESCRIPCIÓN DE LA CUENCA DEL RÍO CALDO

El río Caldo discurre íntegramente por el municipio de Lobios, limítrofe con Portugal, al sur de la provincia de Ourense. Nace en la Serra do Xurés recorriendo 10.25 kilómetros hasta desembocar en el río Limia, en el embalse de Lindoso.

A continuación se va a definir los parámetros fundamentales para el cálculo hidrológico de avenidas en el río Caldo.

A partir del visor SIAMS (Sistema de Información del Agua de la Confederación Hidrográfica Miño-Sil) se obtienen la longitud del cauce y el área de la cuenca hasta el punto de cierre que se considera, además de las cotas máxima y mínima, necesarias para el cálculo de la pendiente:

<b>Longitud</b>	6875.74 m
<b>Superficie</b>	34.64 km <sup>2</sup>
<b>Perímetro</b>	25.8 km
<b><math>z_{máx}</math></b>	748 m
<b><math>z_{mín}</math></b>	379 m

### 2.1. Pendiente media del cauce

$$i = \frac{z_{máx} - z_{mín}}{L} = 0.054$$

### 2.2. Tiempo de concentración de la cuenca

El tiempo de concentración de una cuenca se define como el tiempo mínimo necesario para que todos los puntos de una cuenca estén aportando agua de escorrentía de forma simultánea al punto de salida, punto de desagüe o punto de cierre.

El tiempo de concentración está determinado por el tiempo que tarda en llegar a la salida de la cuenca el agua que procede del punto hidrológicamente más alejado (aquel desde el que el agua de escorrentía emplea más tiempo en llegar a la salida), y representa el momento a partir del cual el caudal de escorrentía es constante, al tiempo que máximo.

Para el cálculo del tiempo de concentración emplearemos dos métodos:

Témez:

$$T_c = 0.3 * \left( \frac{L}{i^{0.25}} \right)^{0.76} = 2.264 h$$

$$L(km) ; T_c(h)$$

Soil Service of California:

$$T_c = 0.0195 * \left( \sqrt{\frac{L^3}{z_{máx} - z_{mín}}} \right)^{0.77} = 54.18 min = 0.90 h$$

$$L(m) ; z_{máx}, z_{mín}(m) ; T_c(min)$$



Puesto que la *Instrucción 5.1-IC: Drenaje superficial* propone la fórmula de Témez, ésta tendrá un peso del 60%, mientras que la fórmula del Soil Service of California tendrá un peso del 40%:

$$T_c = 0.75 * 2.264 + 0.25 * 0.90 = 1.72 \text{ h}$$

### 3. CÁLCULO HIDROLÓGICO DE AVENIDAS

La avenida de período de retorno de T años,  $Q_T$ , se define como la avenida cuya probabilidad de ser excedida en cualquier año,  $P(Q > Q_T)$ , es igual a  $1/T$ , es decir:

$$P(Q > Q_T) = \frac{1}{T}$$

En el caso que ocupa a este proyecto, se limitará el estudio de los períodos de retorno T para 5, 10, 25, 50, 100 y 500 años.

Para la estimación de caudales de avenida se pueden emplear datos foronómicos (estaciones de aforo) o bien datos pluviométricos, estimando los caudales mediante fórmulas empíricas.

Los métodos para el cálculo y estimación de caudales de avenidas que se van a usar son los siguientes:

- Métodos empíricos.
- Métodos hidrometeorológicos (Método Racional).

### 4. MÉTODOS EMPÍRICOS

Los métodos empíricos se basan en estimar el caudal de avenida a partir de datos globales de la cuenca (superficie, régimen pluviométrico). No todas las fórmulas existentes tienen en cuenta el período de retorno.

En general, las fórmulas existentes tienen una validez y aplicabilidad limitadas, ya que estrictamente sólo son válidas para las cuencas para las cuales fueron obtenidas. Su extrapolación a otro tipo de cuencas conduce a resultados cuya fiabilidad es en general muy difícil de cuantificar. Estos métodos sirven fundamentalmente para obtener una primera estimación del orden de magnitud de las avenidas esperables. Por ello, deben ser siempre completados con otro tipo de métodos.

Estas fórmulas son las más simples. En ellas se calcula el caudal  $Q_T$  ( $m^3/s$ ) en función del área de la cuenca S ( $km^2$ ) para un periodo de retorno T (años) determinado.

#### 4.1. Fórmula de Zapata

Proporciona el caudal de avenida para los periodos de retorno de 100 y 1000 años. En este caso, solo nos interesará  $Q_{100}$ :

$$Q_{100} = 21 * S_{(km^2)}^{0.6} = 176.19 \frac{m^3}{s}$$

#### 4.2. Fórmula de Santi

Proporciona el caudal de avenida para los periodos de retorno de 100 y 500 años:

$$Q_{100} = 35 * S_{(km^2)}^{0.5} = 206 \frac{m^3}{s}$$

$$Q_{500} = 50 * S_{(km^2)}^{0.5} = 294.28 \frac{m^3}{s}$$

#### 4.3. Fórmula de Quijano

Proporciona el caudal de avenida únicamente para el periodo de retorno de 100 años:

$$Q_{100} = 17 * S_{(km^2)}^{0.67} = 182.8 \frac{m^3}{s}$$



#### 4.4. Fórmula de Gete-Oncins

Proporciona el caudal de avenida para cualquier periodo de retorno T:

$$Q_T = (4 + 16 * \log_{10} T) * S_{(km^2)}^{0.5}$$

#### 4.5. Fórmula de Témez

La fórmula de Témez estima el caudal de avenida para un período de retorno en función del área de la cuenca y de la precipitación máxima diaria de la zona de estudio:

$$Q_T = 0.3 * P_T * S_{(km^2)}^{0.75} * \log_{10} T$$

Donde  $Q_T$  ( $m^3/s$ ) es el caudal punta de avenida,  $P_T$  (mm) es la precipitación máxima diaria asociada a un período de retorno T, y  $S$  ( $km^2$ ) es el área de la cuenca.

### 5. MÉTODO RACIONAL

Este método hidrometeorológico fue diseñado para calcular el caudal máximo de avenida en cuencas pequeñas (tiempo de concentración bajo) y para una duración de la precipitación mayor que el tiempo de concentración de la cuenca. Admite que la única componente de la precipitación que interviene en la generación de caudales máximos es la escorrentía superficial. En cuencas grandes pierde precisión.

El Método Racional calcula el caudal punta en función de la intensidad de precipitación, del área de la cuenca y del coeficiente de escorrentía de la misma:

$$Q_p = \frac{c * I * S}{3.6}$$

Donde c es el coeficiente de escorrentía, I la intensidad de precipitación en  $T_c$  (mm/h), S la superficie de la cuenca ( $km^2$ ) y  $Q_p$  el caudal pico generado ( $m^3/s$ ).

#### 5.1. Intensidad de precipitación (I)

Es necesario conocer (o evaluar) la Intensidad de Precipitación para el tiempo de concentración de la cuenca. Si utilizamos un tiempo menor, no permitimos que toda la cuenca contribuya al caudal, y si utilizamos un tiempo mayor, la intensidad máxima será menor (es evidente: la intensidad, en mm/hora, de las dos horas más lluviosas siempre es menor que la intensidad de la hora más lluviosa).

Una vez calculado el tiempo de concentración, procedemos al cálculo de  $I_T$ . En nuestro caso lo haremos siguiendo las indicaciones de la Instrucción 5.2- IC: Drenaje Superficial del MOPU (1990):

$$I_T = I_{24} * \left( \frac{I_1}{I_{24}} \right)^{\frac{28^{0.1} - T_c^{0.1}}{28^{0.1} - 1}}$$

Donde  $I_{24}$  (mm/h) es la intensidad media máxima diaria de precipitación correspondiente al período de retorno considerado y  $I_1$  (mm/h) es la intensidad media en la hora más lluviosa de ese día.

$$I_{24} = \frac{P_d}{24}$$

$P_d$  (mm) es la precipitación máxima diaria correspondiente al periodo de retorno considerado. Para su cálculo puede utilizarse el método regional de cálculo de precipitaciones máximas que se recoge en la publicación del Ministerio de Fomento (1999) “Máximas Lluvias diarias en la España Peninsular”.

Se localiza el punto geográfico deseado en los planos de la publicación. En este caso, la zona de estudio se localiza en la *Hoja 1 – 2. OURENSE* (Apéndice – Figura 1).

Se estima mediante las isolíneas representadas el coeficiente de variación  $C_v$  y el valor medio P de la máxima precipitación diaria anual.

Estos valores se obtienen del mapa de la Figura 1. El coeficiente de variación  $C_v$  viene representado por isolíneas de color rojo. El valor P por isolíneas moradas.





Obtendremos los siguientes datos:

$C_v$	0.36
$P$	85 mm

Para el período de retorno deseado  $T$  y el valor de  $C_v$ , se obtiene el cuantil regional  $Y_t$  mediante el uso de la Tabla que recoge la Figura 3.

$C_v$	PERÍODO DE RETORNO EN AÑOS ( $T$ )							
	2	5	10	25	50	100	200	500
0.36	0.919	1.225	1.446	1.747	1.991	2.251	2.525	2.892

Se realiza el producto del cuantil regional  $Y_t$  por el valor medio  $P$ , obteniéndose la precipitación máxima diaria correspondiente al período de retorno considerado,  $P_d$ .

PERÍODO DE RETORNO EN AÑOS ( $T$ )	$P_d = Y_t * P$ (mm)	
	2	78.115
	5	104.125
	10	122.910
	25	148.495
	50	169.235
	100	191.335
	200	214.625
	500	245.820

A partir de estos valores se obtendrán los correspondientes a  $I_{24}$  en los períodos de retorno considerados.

PERÍODO DE RETORNO EN AÑOS ( $T$ )	$I_{24} = P_d / 24$ (mm/h)	
	2	3.255
	5	4.339
	10	5.121
	25	6.187
	50	7.051
	100	7.972
	200	8.943
	500	10.243

Del mapa de isolíneas del MOPU recogido en la Figura 4 se obtiene directamente el siguiente valor aproximado:

$\frac{I_1}{I_{24}}$	8
----------------------	---

Con estos datos se calculará la intensidad media máxima para el tiempo de concentración de la cuenca.

PERÍODO DE RETORNO EN AÑOS ( $T$ )	$I_T = I_{24} * \left(\frac{I_1}{I_{24}}\right)^{\frac{28^{0.1} - T^{0.1}}{28^{0.1} - 1}}$ (mm/h)	
	2	19.424
	5	25.892
	10	30.563
	25	36.925
	50	42.082
	100	47.578
	200	53.369
	500	61.126



## 5.2. Coeficiente de escorrentía (c)

Para su cálculo se ha seguido el procedimiento que marca la Instrucción 5.2-IC: Drenaje Superficial. El procedimiento se describe a continuación:

El coeficiente C de escorrentía define la proporción de la componente superficial de la precipitación de intensidad I, y depende de la razón entre la precipitación diaria  $P_d$  correspondiente al período de retorno y el umbral de escorrentía  $P_0$ , a partir del cual se inicia ésta.

Si la razón  $P_d/P_0$  fuera inferior a la unidad, el coeficiente C de escorrentía podrá considerarse nulo. En caso contrario, el valor de C podrá obtenerse de la fórmula:

$$C = \frac{\left(\frac{P_d}{P_0} - 1\right) * \left(\frac{P_d}{P_0} + 23\right)}{\left(\frac{P_d}{P_0} + 11\right)^2}$$

El umbral de escorrentía  $P_0$  se podrá obtener de la Figura 5, multiplicando los valores en ella contenidos por el coeficiente corrector dado por la Figura 6.

Este coeficiente refleja la variación regional de la humedad habitual en el suelo al comienzo de aguaceros significativos, e incluye una mayoración (del orden del 100 por 100) para evitar sobrevaloraciones del caudal de referencia a causa de ciertas simplificaciones del tratamiento estadístico del método hidrometeorológico: el cual ha sido contrastado en distintos ambientes de la geografía española. Para el uso de la Figura 5 los suelos se clasificarán en los grupos de la Figura 7.

Para nuestra cuenca se han determinado los siguientes valores:

Uso del suelo	Pendiente	Características hidrológicas	Grupo de Suelo	$P_0$ (mm)	% Cuenca
Praderas	<3%	Media	C	17	35
Masa forestal	>3%	Media	C	19	65

Se calcula un valor medio ponderado del umbral de escorrentía. De este modo resulta:

$$P_0 = 18.3 \text{ mm}$$

Aplicando a dicho umbral el coeficiente corrector de valor 2, que se obtiene de la Figura 6 de la citada Instrucción, se obtiene un valor de umbral de escorrentía:

$$P_{0, \text{correctado}} = 36.6 \text{ mm}$$

De este modo, el valor del coeficiente C de escorrentía que se obtiene para cada período de retorno es el siguiente:

PERÍODO DE RETORNO EN AÑOS (T)								
	2	5	10	25	50	100	200	500
C	0.165	0.249	0.302	0.365	0.410	0.453	0.494	0.541

## 6. RESULTADOS

A continuación se expone una tabla resumen con todos los caudales calculados por los diferentes métodos:

Método	$Q_T \text{ (m}^3/\text{s)}$							
	$Q_2$	$Q_5$	$Q_{10}$	$Q_{25}$	$Q_{50}$	$Q_{100}$	$Q_{200}$	$Q_{500}$
Zapata	-	-	-	-	-	176.19	-	-
Santi	-	-	-	-	-	206	-	294.28
Quijano	-	-	-	-	-	182.8	-	-
Gete-Oncins	51.89	89.36	117.71	155.19	183.53	211.88	240.23	277.70
Témez	100.73	311.76	526.49	889.21	1231.63	1639.19	2115.47	2841.97
Racional	30.89	61.98	88.67	129.63	166.06	207.47	253.51	318.32

A la vista de los resultados obtenidos, lo más adecuado parece ser tomar los caudales obtenidos a partir del Método Racional, pues es el método que tiene en cuenta más parámetros y el recomendado por la Instrucción 5.2-IC: Drenaje Superficial.



Estos son los caudales de avenida, a ellos habrá que sumarles el caudal medio que circula por el cauce, pues las avenidas no se producen con el río seco.

Para el cálculo del caudal medio de la cuenca se ha empleado la metodología que proponen las *“Instrucciones Técnicas para Obras Hidráulicas en Galicia”*; descrita en la instrucción ITOHG-ABA-1/6: *Captacións, estudos hidrolóxicos*.

Según este procedimiento, el caudal medio ( $Q_m$ ) en  $m^3/s$  de una cuenca de superficie  $A$  en  $km^2$  se calcula mediante la fórmula:

$$Q_m = 0.1198 * A^{0.772}$$

Para los datos de nuestro proyecto se obtiene el siguiente resultado:

$Q_m$	$1.85 m^3/s$
-------	--------------

Sumaremos este caudal a los obtenidos por el método racional para los distintos periodos de retorno:

Método	$Q_T (m^3/s)$							
	$Q_2$	$Q_5$	$Q_{10}$	$Q_{25}$	$Q_{50}$	$Q_{100}$	$Q_{200}$	$Q_{500}$
Racional+ $Q_m$	32.74	63.82	90.52	131.48	167.91	209.32	255.36	320.17

Para quedarnos del lado de la seguridad, redondearemos estos caudales al alza y, por lo tanto, lo que introduciremos en nuestro modelo será:

$Q_T (m^3/s)$							
$Q_2$	$Q_5$	$Q_{10}$	$Q_{25}$	$Q_{50}$	$Q_{100}$	$Q_{200}$	$Q_{500}$
33.5	64.5	91.5	132.5	168.5	210	256	320.5





ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE  
INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES  
Y PUERTOS DE A CORUÑA



FUNDACIÓN DE LA  
INGENIERIA CIVIL  
DE GALICIA



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

**José Luis Rodríguez Rodríguez**  
**JUNIO 2016**

# **-Apéndice 06-**

# **HIDROLOGÍA**



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE  
INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES  
Y PUERTOS DE A CORUÑA



FUNDACIÓN DE LA  
INGENIERIA CIVIL  
DE GALICIA



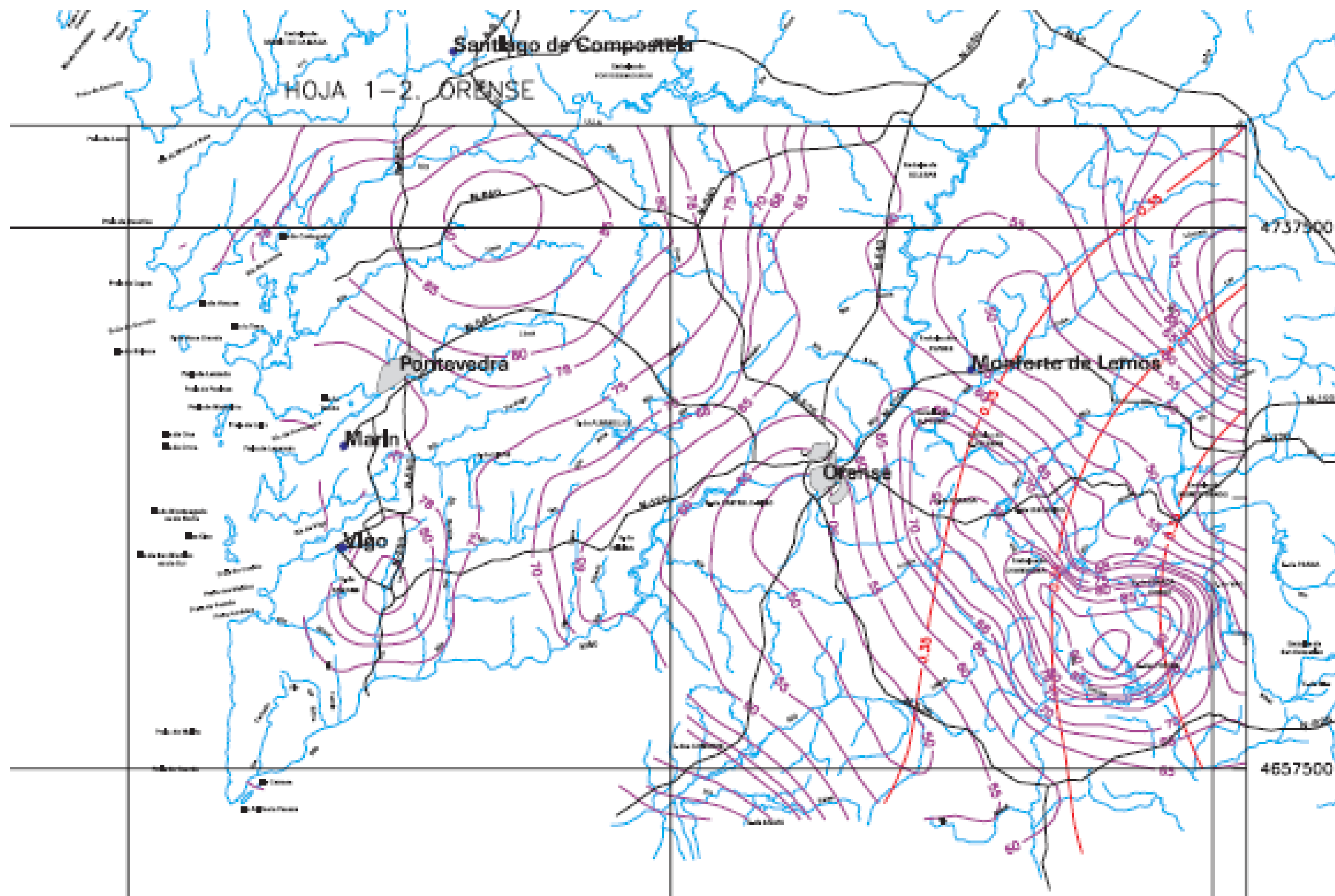
UNIVERSIDADE DA CORUÑA

**José Luis Rodríguez Rodríguez**  
**JUNIO 2016**

## ÍNDICE

1. MAPA DEL DOCUMENTO: MÁXIMAS LLUVIAS DIARIAS EN LA ESPAÑA PENINSULAR (HOJA 1-2. ORENSE)
2. ISOLÍNEAS DEL VALOR REGIONAL DEL COEFICIENTE DE VARIACIÓN CV
3. CUANTILES YT
4. MAPA DE ISOLÍNEAS DEL MOPU
5. UMBRAL DE ESCORRENTÍA  $P_0$
6. COEFICIENTE CORRECTOR DEL UMBRAL DE ESCORRENTÍA
7. CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS A EFECTOS DEL UMBRAL DE ESCORRENTÍA

Figura 1. Mapa del documento: Máximas Lluvias Diarias en la España Peninsular (Hoja 1-2. ORENSE).



Mejora de los márgenes y pasarela sobre el Río Caldo – Concello de Lobios (Ourense)



Figura 2. Isolíneas del valor regional del coeficiente de variación  $C_v$ .

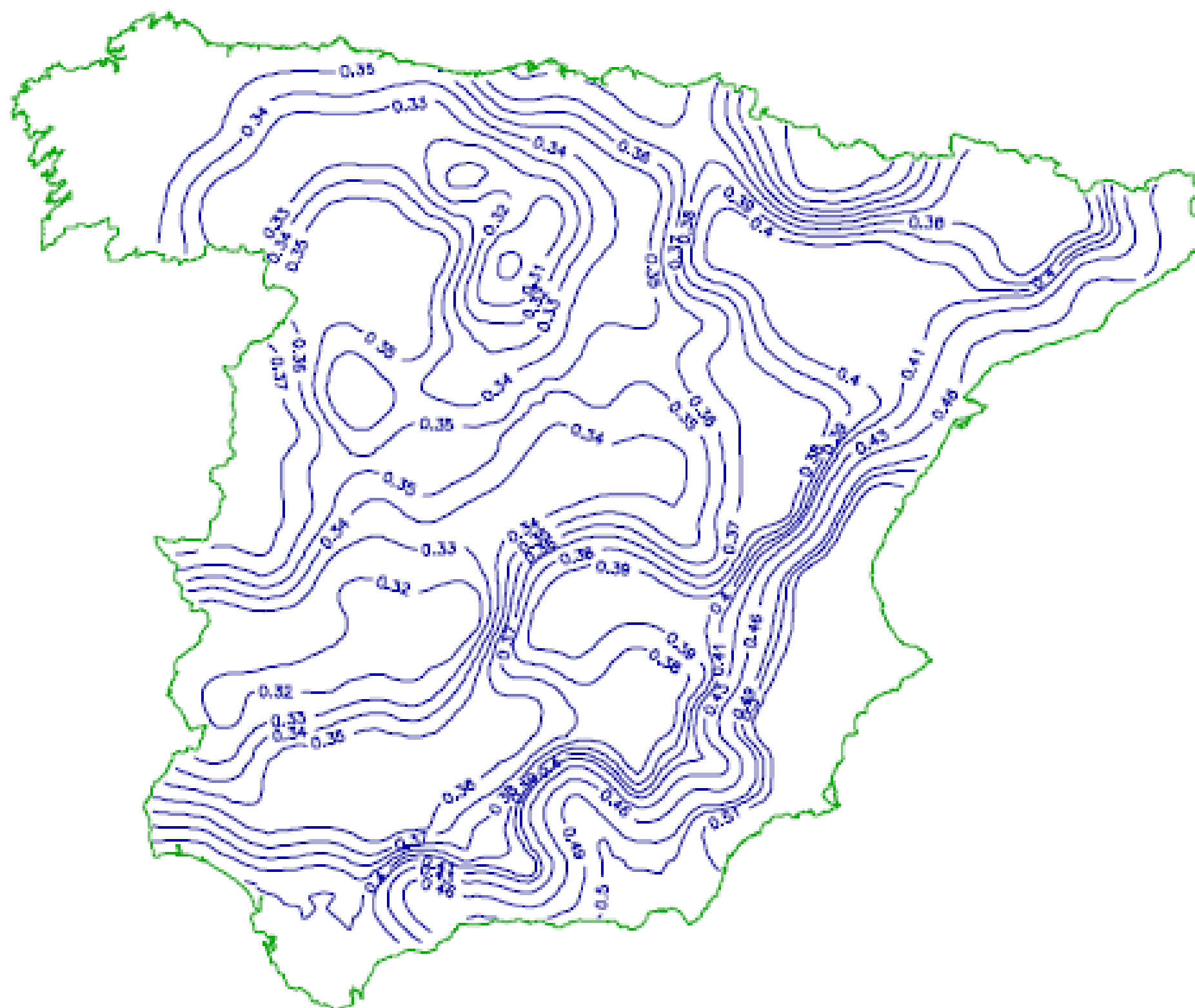




Figura 3. Cuantiles  $Y_t$ , también denominados Factores de Amplificación KT, en el “Mapa para el Cálculo de Máximas Precipitaciones Diarias en la España Peninsular” (1997).

$C_v$	PERIODO DE RETORNO EN AÑOS (T)							
	2	5	10	25	50	100	200	500
0.30	0.935	1.194	1.377	1.625	1.823	2.022	2.251	2.541
0.31	0.932	1.198	1.385	1.640	1.854	2.068	2.296	2.602
0.32	0.929	1.202	1.400	1.671	1.884	2.098	2.342	2.663
0.33	0.927	1.209	1.415	1.686	1.915	2.144	2.388	2.724
0.34	0.924	1.213	1.423	1.717	1.930	2.174	2.434	2.785
0.35	0.921	1.217	1.438	1.732	1.961	2.220	2.480	2.831
0.36	0.919	1.225	1.446	1.747	1.991	2.251	2.525	2.892
0.37	0.917	1.232	1.461	1.778	2.022	2.281	2.571	2.953
0.38	0.914	1.240	1.469	1.793	2.052	2.327	2.617	3.014
0.39	0.912	1.243	1.484	1.808	2.083	2.357	2.663	3.067
0.40	0.909	1.247	1.492	1.839	2.113	2.403	2.708	3.128
0.41	0.906	1.255	1.507	1.854	2.144	2.434	2.754	3.189
0.42	0.904	1.259	1.514	1.884	2.174	2.480	2.800	3.250
0.43	0.901	1.263	1.534	1.900	2.205	2.510	2.846	3.311
0.44	0.898	1.270	1.541	1.915	2.220	2.556	2.892	3.372
0.45	0.896	1.274	1.549	1.945	2.251	2.586	2.937	3.433
0.46	0.894	1.278	1.564	1.961	2.281	2.632	2.983	3.494
0.47	0.892	1.286	1.579	1.991	2.312	2.663	3.044	3.555
0.48	0.890	1.289	1.595	2.007	2.342	2.708	3.098	3.616
0.49	0.887	1.293	1.603	2.022	2.373	2.739	3.128	3.677
0.50	0.885	1.297	1.610	2.052	2.403	2.785	3.189	3.738
0.51	0.883	1.301	1.625	2.068	2.434	2.815	3.220	3.799
0.52	0.881	1.308	1.640	2.098	2.464	2.861	3.281	3.860



Figura 4. Mapa de Isolíneas del MOPU.





Figura 5. Umbral de escorrentía  $P_0$ .

Tabla. Estimación inicial del umbral de escorrentía Po (mm)						
USO DE LA TIERRA	PENDIENTE (%)	CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS	GRUPO DE SUELO			
			A	B	C	D
Barbecho	>3	R	15	8	6	4
		N	17	11	8	6
	<3	R/N	20	14	11	8
Cultivos en hilera	>3	R	23	13	8	6
		N	25	16	11	8
	<3	R/N	28	19	14	11
Cereales de invierno	>3	R	29	17	10	8
		N	32	19	12	10
	<3	R/N	34	21	14	12
Rotación de cultivos pobres	>3	R	26	15	9	6
		N	28	17	11	8
	<3	R/N	30	19	13	8
Rotación de cultivos densos	>3	R	37	20	12	9
		N	42	23	14	11
	<3	R/N	47	25	16	13
Praderas	>3	Pobre	24	14	8	6
		Media	53	23	14	9
		Buena	*	33	18	13
		Muy buena	*	41	22	15
	<3	Pobre	58	25	12	7
		Media	*	35	17	10
		Buena	*	*	22	14
		Muy buena	*	*	25	16
Plantaciones regulares aprovechamiento forestal	>3	Pobre	62	26	15	10
		Media	*	34	19	14
		Buena	*	42	22	15
	<3	Pobre	*	34	19	14
		Media	*	42	22	15
		Buena	*	50	25	16
Masas forestales (bosques, monte bajo, etc.)		Muy clara	40	17	8	5
		Clara	60	24	14	10
		Media	*	34	22	16
		Espesa	*	47	31	23
		Muy espesa	*	65	43	33
1. N: DENOTA CULTIVO SEGÚN LAS CURVAS DE NIVEL. R: DENOTA CULTIVO SEGÚN LA LÍNEA DE MÁXIMA PENDIENTE. 2. *: DENOTA QUE ESA PARTE DE CUENCA DEBE CONSIDERARSE INEXISTENTE A EFECTOS DE CÁLCULO DE CAUDALES DE AVENIDA. 3. LAS ZONAS ABALANCADAS SE INCLUIRÁN ENTRE LAS DE PENDIENTE MENOR DEL 3%.						



Figura 6. Coeficiente corrector del umbral de esorrentía.





Figura 7. Clasificación de los suelos a efectos del umbral de escorrentía.

Grupo	Infiltración cuando están muy húmedos	Potencia	Textura	drenaje
A	Rápida	Grande	Arenosa Areno-limosa	Perfecto
B	Moderada	Media a grande	Franco-arenosa Franca Franco-arcillosa -arenosa Franco-limosa	Bueno a moderado
C	Lenta	Media a pequeña	Franco-arcillosa Franco-arcillosa -limosa Arcillo-arenosa	Imperfecto
D	Muy lenta	Pequeña (litosuelo) u horizontes de arcilla	Arcillosa	Pobre o muy pobre
Nota: Los terrenos con nivel freático alto se incluirán en el Grupo D				



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE  
INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES  
Y PUERTOS DE A CORUÑA



FUNDACIÓN DE LA  
INGENIERIA CIVIL  
DE GALICIA



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

**José Luis Rodríguez Rodríguez**  
**JUNIO 2016**

# **-Anejo 07- HIDRÁULICA**



# ÍNDICE

## 1. INTRODUCCIÓN

## 2. MÉTODO DE CÁLCULO

### 2.1. PROGRAMA HEC-RAS

### 2.2. PARÁMETROS A TENER EN CUENTA

#### 2.2.1. DATOS GEOMÉTRICOS

#### 2.2.2. DELIMITACIÓN DEL CAUCE

#### 2.2.3. COEFICIENTE DE MANNING

#### 2.2.4. CAUDALES DE CÁLCULO

#### 2.2.5. CONDICIONES DE CONTORNO

## 3. ZONA DE FLUJO PREFERENTE

## 4. RESULTADOS HEC-RAS

## APÉNDICE 07 - 1: SITUACIÓN SECCIONES TRANSVERSALES

## APÉNDICE 07 – 2: RESULTADOS HEC-RAS





## 1. INTRODUCCIÓN

En el presente anejo se realiza un análisis del comportamiento hidráulico del río Caldo en la zona de proyecto.

Para ello, se ha realizado un modelo hidráulico del río por medio del programa informático HEC-RAS versión 4.1.0.

La eficacia y los efectos de las obras proyectadas se obtendrán por medio del análisis de los resultados obtenidos del programa, de los que se desprende la importancia de dicho modelo.

## 2. MÉTODO DE CÁLCULO

### 2.1. Programa HEC-RAS

Como ya se ha comentado, la modelización hidráulica del río se ha realizado por medio del programa informático HEC-RAS.

Este programa ha sido desarrollado por el Centro de Ingeniería Hidrológica (Hydrologic Engineering Center) del cuerpo de ingenieros de la armada de los EE.UU (US Army Corps of Engineers). El modelo numérico incluido en el programa permite realizar análisis del flujo permanente y no permanente unidimensional gradualmente variado en lámina libre.

El procedimiento de cálculo se basa en la resolución de la ecuación unidimensional de la energía utilizando el método del "Standard Step".

El objetivo primordial del programa HEC-RAS es, simplemente, calcular la cota de agua en los puntos de interés en función del caudal circulante a lo largo del río o canal. Los datos básicos que precisa el modelo incluyen el régimen del flujo (lento o rápido), la cota del agua en la primera sección transversal, el caudal circulante, los coeficientes de rugosidad, la geometría de las secciones transversales y la distancia entre ellas.

## 2.2. Parámetros a tener en cuenta

### 2.2.1. Datos geométricos

Es necesario introducir una serie de secciones transversales del río a lo largo del tramo de estudio. En nuestro caso se han obtenido de medidas de campo. Se puede ver la situación de las secciones en el *APÉNDICE 07 - 1: SITUACIÓN SECCIONES TRANSVERSALES*.

### 2.2.2. Delimitación del cauce

La delimitación del cauce separa el canal del río y las llanuras de inundación. Esta delimitación se ha realizado en función de lo observado en las visitas de campo.

Una correcta definición del cauce es fundamental, puesto que se aplicarán diferentes valores del coeficiente de Manning en el cauce y en las llanuras de inundación.

### 2.2.3. Coeficiente de Manning

El coeficiente de rugosidad de Manning estima la resistencia al flujo, y su valor depende de las características del terreno por el que circula el fluido.

Para estimar los valores de dicho coeficiente se han utilizado los recomendados por **Ven Te Chow** en su libro *"Hidráulica de canales abiertos"* (Figuras 1.1, 1.2, 1.3 y 1.4).

Las tablas de las figuras 1.1, 1.2, 1.3 y 1.4 presentan una lista de valores del coeficiente de rugosidad de Manning para canales de diferentes clases. Para cada tipo de canal se muestran los valores mínimo, normal y máximo del coeficiente de rugosidad.



Tipo de canal y descripción	Mínimo	Normal	Máximo
<b>A. Conductos cerrados que fluyen parcialmente llenos</b>			
<b>A-1. Metal</b>			
a. Latón, liso	0.009	<b>0.010</b>	0.013
b. Acero			
1. Estriado y soldado	0.010	0.012	0.014
2. Riveteado y en espiral	0.013	0.016	0.017
c. Hierro fundido			
1. Recubierto	0.010	0.013	0.014
2. No recubierto	0.011	0.014	0.016
d. Hierro forjado			
1. Negro	0.012	0.014	0.015
2. Galvanizado	0.013	0.016	0.017
e. Metal corrugado			
1. Subdrenaje	0.017	0.019	0.021
2. Drenaje de aguas lluvias	0.021	<b>0.024</b>	0.030
<b>A-2. No metal</b>			
a. Lucita	0.008	0.009	0.010
b. Vidrio	0.009	<b>0.010</b>	0.013
c. Cemento			
1. Superficie pulida	0.010	0.011	0.013
2. Mortero	0.011	0.013	0.015
d. Concreto			
1. Alcantarilla, recta y libre de basuras	0.010	0.011	0.013
2. Alcantarilla con curvas, conexiones y algo de basuras	0.011	<b>0.013</b>	0.014
3. Bien terminado	0.011	0.012	0.014
4. Alcantarillado de aguas residuales, con pozos de inspección, entradas, etc., recto	0.013	0.015	0.017
5. Sin pulir, formaleta o encofrado metálico	0.012	0.013	0.014
6. Sin pulir, formaleta o encofrado en madera lisa	0.012	<b>0.014</b>	0.016
7. Sin pulir, formaleta o encofrado en madera rugosa	0.015	0.017	0.020
e. Madera			
1. Machihembrada	0.010	0.012	0.014
2. Laminada, tratada	0.015	0.017	0.020
f. Arcilla			
1. Canaleta común de baldosas	0.011	<b>0.013</b>	0.017
2. Alcantarilla vitrificada	0.011	0.014	0.017
3. Alcantarilla vitrificada con pozos de inspección, entradas, etc.	0.013	0.015	0.017
4. Subdrenaje vitrificado con juntas abiertas	0.014	0.016	0.018
g. Mampostería en ladrillo			
1. Barnizada o lacada	0.011	0.013	0.015
2. Revestida con mortero de cemento	0.012	0.015	0.017
h. Alcantarillados sanitarios recubiertos con limos y babas de aguas residuales, con curvas y conexiones	0.012	0.013	0.016
i. Alcantarillado con batca pavimentada, fondo liso	0.016	0.019	0.020
j. Mampostería de piedra, cementada	0.018	0.025	0.030

Figura 1.1. Tabla del Coeficiente de Rugosidad de Manning.

Tipo de canal y descripción	Mínimo	Normal	Máximo
<b>B. Canales revestidos o desarmables</b>			
<b>B-1. Metal</b>			
a. Superficie lisa de acero			
1. Sin pintar	0.011	<b>0.012</b>	0.014
2. Pintada	0.012	0.013	0.017
b. Corrugado	0.021	0.025	0.030
<b>B-2. No metal</b>			
a. Cemento			
1. Superficie pulida	0.010	0.011	0.013
2. Mortero	0.011	0.013	0.015
b. Madera			
1. Cepillada, sin tratar	0.010	0.012	0.014
2. Cepillada, creosotada	0.011	0.012	0.015
3. Sin cepillar	0.011	0.013	0.015
4. Láminas con listones	0.012	0.015	0.018
5. Forrada con papel impermeabilizante	0.010	0.014	0.017
c. Concreto			
1. Terminado con llana metálica (palustre)	0.011	<b>0.013</b>	0.015
2. Terminado con llana de madera	0.013	0.015	0.016
3. Pulido, con gravas en el fondo	0.015	0.017	0.020
4. Sin pulir	0.014	0.017	0.020
5. Lanzado, sección buena	0.016	0.019	0.023
6. Lanzado, sección ondulada	0.018	0.022	0.025
7. Sobre roca bien excavada	0.017	0.020	
8. Sobre roca irregularmente excavada	0.022	0.027	
d. Fondo de concreto terminado con llana de madera y con lados de			
1. Piedra labrada, en mortero	0.015	0.017	0.020
2. Piedra sin seleccionar, sobre mortero	0.017	0.020	0.024
3. Mampostería de piedra cementada, recubierta	0.016	0.020	0.024
4. Mampostería de piedra cementada	0.020	0.025	0.030
5. Piedra suelta o riprap	0.020	0.030	0.035
e. Fondo de gravas con lados de			
1. Concreto encofrado	0.017	0.020	0.025
2. Piedra sin seleccionar, sobre mortero	0.020	0.023	0.026
3. Piedra suelta o riprap	0.023	0.033	0.036
f. Ladrillo			
1. Barnizado o lacado	0.011	<b>0.013</b>	0.015
2. En mortero de cemento	0.012	<b>0.015</b>	0.018
g. Mampostería			
1. Piedra partida cementada	0.017	0.025	0.030
2. Piedra suelta	0.023	0.032	0.035
h. Bloques de piedra labrados	0.013	0.015	0.017
i. Asfalto			
1. Liso	0.013	0.013	
2. Rugoso	0.016	0.016	
j. Revestimiento vegetal	0.030	.....	0.500

Figura 1.2. Tabla del Coeficiente de Rugosidad de Manning (cont.).



Tipo de canal y descripción	Mínimo	Normal	Máximo
C. Excavado o dragado			
a. En tierra, recto y uniforme			
1. Limpio, recientemente terminado	0.016	0.018	0.020
2. Limpio, después de exposición a la intemperie	0.018	<b>0.022</b>	0.025
3. Con gravas, sección uniforme, limpio	0.022	0.025	0.030
4. Con pastos cortos, algunas malezas	0.022	0.027	0.033
b. En tierra, serpenteante y lento			
1. Sin vegetación	0.023	0.025	0.030
2. Pastos, algunas malezas	0.025	0.030	0.033
3. Malezas densas o plantas acuáticas en canales profundos	0.030	0.035	0.040
4. Fondo en tierra con lados en piedra	0.028	0.030	0.035
5. Fondo pedregoso y bancas con malezas	0.025	0.035	0.040
6. Fondo en cantos rodados y lados limpios	0.030	0.040	0.050
c. Excavado con pala o dragado			
1. Sin vegetación	0.025	0.028	0.033
2. Matorrales ligeros en las bancas	0.035	0.050	0.060
d. Cortes en roca			
1. Lisos y uniformes	0.025	0.035	0.040
2. Afilados e irregulares	0.035	0.040	0.050
e. Canales sin mantenimiento, malezas y matorrales sin cortar			
1. Malezas densas, tan altas como la profundidad de flujo	0.050	0.080	0.120
2. Fondo limpio, matorrales en los lados	0.040	0.050	0.080
3. Igual, nivel máximo de flujo	0.045	0.070	0.110
4. Matorrales densos, nivel alto	0.080	0.100	0.140
D. Corrientes naturales			
D-1. Corrientes menores (ancho superficial en nivel creciente < 100 pies)			
a. Corrientes en planicies			
1. Limpias, rectas, máximo nivel, sin montículos ni pozos profundos	0.025	<b>0.030</b>	0.033
2. Igual al anterior, pero con más piedras y malezas	0.030	0.035	0.040
3. Limpio, serpenteante, algunos pozos y bancos de arena	0.033	0.040	0.045
4. Igual al anterior, pero con algunos matorrales y piedras	0.035	0.045	0.050
5. Igual al anterior, niveles bajos, pendientes y secciones más ineficientes	0.040	0.048	0.055
6. Igual al 4, pero con más piedras	0.045	0.050	0.060
7. Tramos lentos, con malezas y pozos profundos	0.050	0.070	0.080
8. Tramos con muchas malezas, pozos profundos o canales de crecientes con muchos árboles con matorrales bajos	0.075	0.100	0.150

Figura 1.3. Tabla del Coeficiente de Rugosidad de Manning (cont.).

Tipo de canal y descripción	Mínimo	Normal	Máximo
b. Corrientes montañosas, sin vegetación en el canal, bancas usualmente empinadas, árboles y matorrales a lo largo de las bancas sumergidas en niveles altos			
1. Fondo: gravas, cantos rodados y algunas rocas	0.030	0.040	0.050
2. Fondo: cantos rodados con rocas grandes	0.040	0.050	0.070
D-2. Planicies de inundación			
a. Pastizales, sin matorrales			
1. Pasto corto	0.025	0.030	0.035
2. Pasto alto	0.030	0.035	0.050
b. Áreas cultivadas			
1. Sin cultivo	0.020	0.030	0.040
2. Cultivos en línea maduros	0.025	0.035	0.045
3. Campos de cultivo maduros	0.030	0.040	0.050
c. Matorrales			
1. Matorrales dispersos, mucha maleza	0.035	0.050	0.070
2. Pocos matorrales y árboles, en invierno	0.035	0.050	0.060
3. Pocos matorrales y árboles, en verano	0.040	0.060	0.080
4. Matorrales medios a densos, en invierno	0.045	0.070	0.110
5. Matorrales medios a densos, en verano	0.070	0.100	0.160
d. Árboles			
1. Sauces densos, rectos y en verano	0.110	0.150	0.200
2. Terreno limpio, con troncos sin retoños	0.030	0.040	0.050
3. Igual que el anterior, pero con una gran cantidad de retoños	0.050	0.060	0.080
4. Gran cantidad de árboles, algunos troncos caídos, con poco crecimiento de matorrales, nivel del agua por debajo de las ramas	0.080	0.100	0.120
5. Igual al anterior, pero con nivel de creciente por encima de las ramas	0.100	0.120	0.160
D-3. Corrientes mayores (ancho superficial en nivel de creciente > 100 pies). El valor de <i>n</i> es menor que el correspondiente a corrientes menores con descripción similar, debido a que las bancas ofrecen resistencia menos efectiva.			
a. Sección regular, sin cantos rodados ni matorrales	0.025	.....	0.060
b. Sección irregular y rugosa	0.035	.....	0.100

Figura 1.4. Tabla del Coeficiente de Rugosidad de Manning (cont.).

Los valores del coeficiente de rugosidad de Manning que se han utilizado son:

- Cauce principal: **0.045** (limpio, serpenteante, con algunos matorrales y piedras).
- Llanuras de inundación: **0.060** (pocos matorrales y árboles, en verano).

#### 2.2.4. Caudales de cálculo

Los caudales de avenida para diferentes períodos de retorno ya se han calculado en el *ANEJO 06: HIDROLOGÍA* de la Memoria Justificativa, en el que se ha realizado un completo estudio hidrológico.

En este estudio se han calculado los caudales para los períodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200 y 500 años.

No obstante, no se ha modelado el comportamiento para los períodos de retorno de 200 y 500 años al considerarse excesivo para el problema planteado.

#### 2.2.5. Condiciones de contorno

El tramo de río en estudio se trata de un tramo intermedio del curso de agua. Por este motivo se ha decidido imponer como condición de contorno aguas arriba el calado normal, en función de la pendiente del tramo.

### 3. ZONA DE FLUJO PREFERENTE

La normativa de la Confederación Hidrográfica Miño – Sil establece que, con el objeto específico de proteger el régimen de corrientes en avenidas, y reducir el riesgo de producción de daños en personas y bienes, se definen unas zonas donde se concentra preferentemente el flujo o vías de flujo preferente donde sólo podrán ser autorizadas por el Organismo de cuenca aquellas actividades no vulnerables frente a las avenidas y que no supongan una reducción significativa de la capacidad de desagüe de dicha vía.

Esta zona de flujo preferente se define, según el *Real Decreto 9/2008, de 11 de enero, por el que se modifica el RDPH*, como aquella zona constituida por la unión de la zona o zonas donde se concentra preferentemente el flujo durante las avenidas, o vía de intenso desagüe, y de la zona donde, para la avenida de 100 años de periodo de retorno, se puedan producir graves daños sobre las personas y los bienes, quedando delimitado su límite exterior mediante la envolvente de ambas zonas.

A los efectos de la aplicación de la definición anterior, se considerará que pueden producirse graves daños sobre las personas y los bienes cuando las condiciones hidráulicas durante la avenida satisfagan uno o más de los siguientes criterios:

- a) Que el calado sea superior a 1 m.
- b) Que la velocidad sea superior a 1 m/s.
- c) Que el producto de ambas variables sea superior a 0,5 m<sup>2</sup>/s.



Figura 2. Zona de flujo preferente obtenida a través del visor SIAMS (Sistema de Información del Agua de la Confederación Hidrográfica Miño – Sil) de Zonas Inundables.





#### 4. RESULTADOS HEC-RAS

De este modelo del río Caldo se obtienen las características de la sección del río. Los resultados aparecen en el *APÉNDICE 07 - 2: RESULTADOS HEC-RAS*.

Se proponen tres modelos diferentes para poder ubicar la pasarela fuera de la zona de flujo preferente.

El primero de ellos corresponde a la situación actual y en él no se realiza ninguna actuación complementaria.

En el segundo modelo se propone la construcción de un muro de un metro de alto en un tramo de 65 metros aguas arriba, el cual ayuda a reducir la zona de flujo preferente aguas abajo de este muro.

En el modelo se obtienen los resultados de las secciones transversales del tramo para la avenida de diseño de periodo de retorno de 100 años. Tomaremos esta avenida como referencia, quedándonos del lado de la seguridad, ya que la zona de flujo preferente será menor que la zona proporcionada por esta avenida al exigirse que el calado o la velocidad sean mayores que 1 m ó 1 m/s, respectivamente, o bien que el producto de ambas variables sea superior a 0,5 m<sup>2</sup>/s.

Por último, en el tercer modelo se propone la reducción de la zona de flujo preferente (tomando como referencia la avenida de diseño de periodo de retorno de 100 años, al igual que en el modelo anterior) mediante la reducción del coeficiente de Manning en el cauce, pasando a 0.20 (fondo de gravas con lados de piedra sin seleccionar). Para ello será necesario realizar una limpieza de la maleza existente en el cauce en el mismo tramo de 65 metros aguas arriba.



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE  
INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES  
Y PUERTOS DE A CORUÑA



FUNDACIÓN DE LA  
INGENIERIA CIVIL  
DE GALICIA



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

José Luis Rodríguez Rodríguez  
JUNIO 2016

# **-Apéndice 07-1-**

## **SITUACIÓN SECCIONES TRANSVERSALES**



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE  
INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES  
Y PUERTOS DE A CORUÑA



FUNDACIÓN DE LA  
INGENIERIA CIVIL  
DE GALICIA

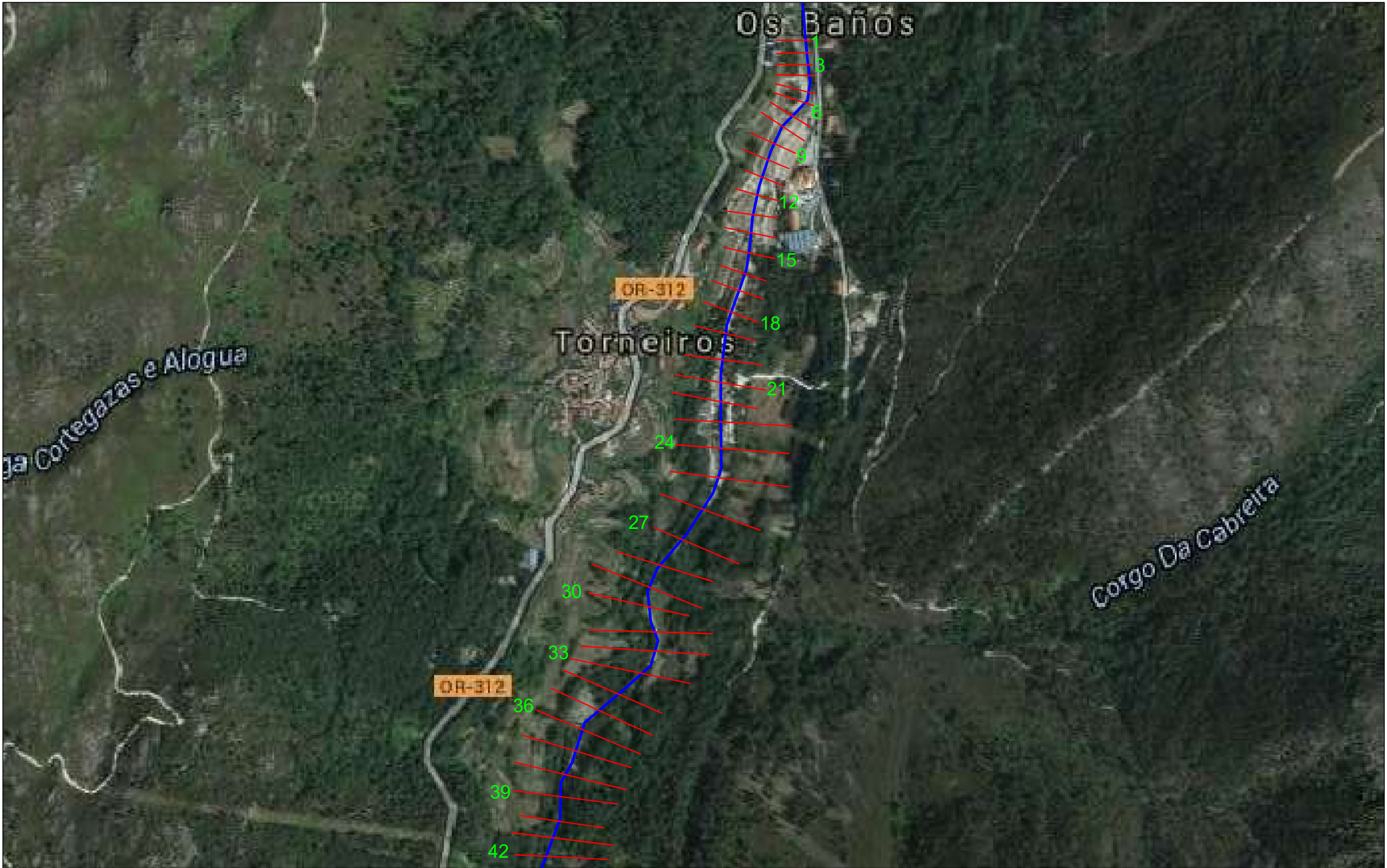


UNIVERSIDADE DA CORUÑA

**José Luis Rodríguez Rodríguez**  
**JUNIO 2016**

# ÍNDICE

## 1. PLANO SITUACIÓN SECCIONES TRANSVERSALES







ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE  
INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES  
Y PUERTOS DE A CORUÑA



FUNDACIÓN DE LA  
INGENIERIA CIVIL  
DE GALICIA



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

**José Luis Rodríguez Rodríguez**  
**JUNIO 2016**

## **-Apéndice 07-2-**

# **RESULTADOS HEC-RAS**



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE  
INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES  
Y PUERTOS DE A CORUÑA



FUNDACIÓN DE LA  
INGENIERIA CIVIL  
DE GALICIA



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

**José Luis Rodríguez Rodríguez**  
**JUNIO 2016**

# ÍNDICE

1. MODELO INICIAL

2. MODELO MURO

3. MODELO REDUCCIÓN MANNING



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE  
INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES  
Y PUERTOS DE A CORUÑA



FUNDACIÓN DE LA  
INGENIERIA CIVIL  
DE GALICIA

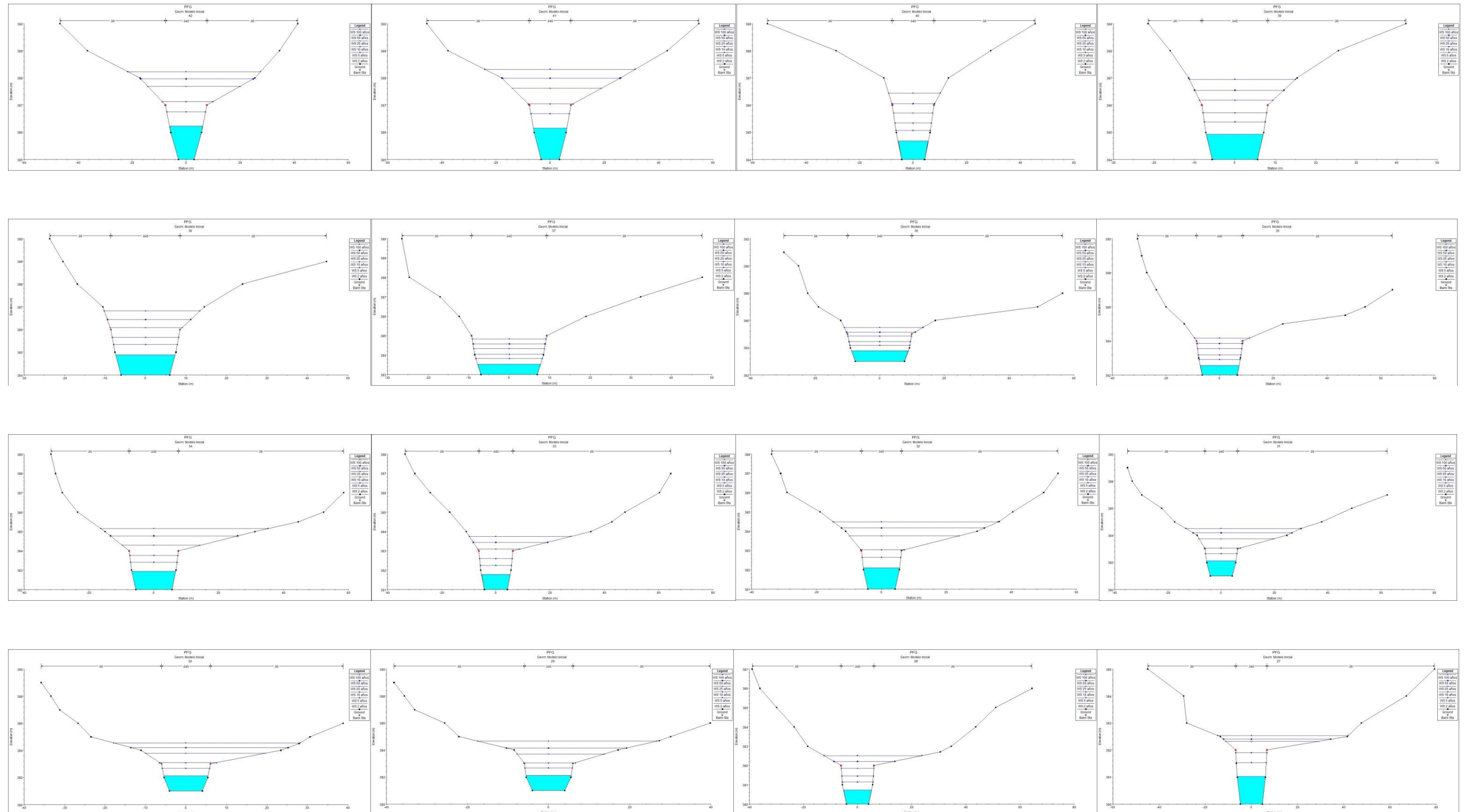


UNIVERSIDADE DA CORUÑA

**José Luis Rodríguez Rodríguez**  
**JUNIO 2016**

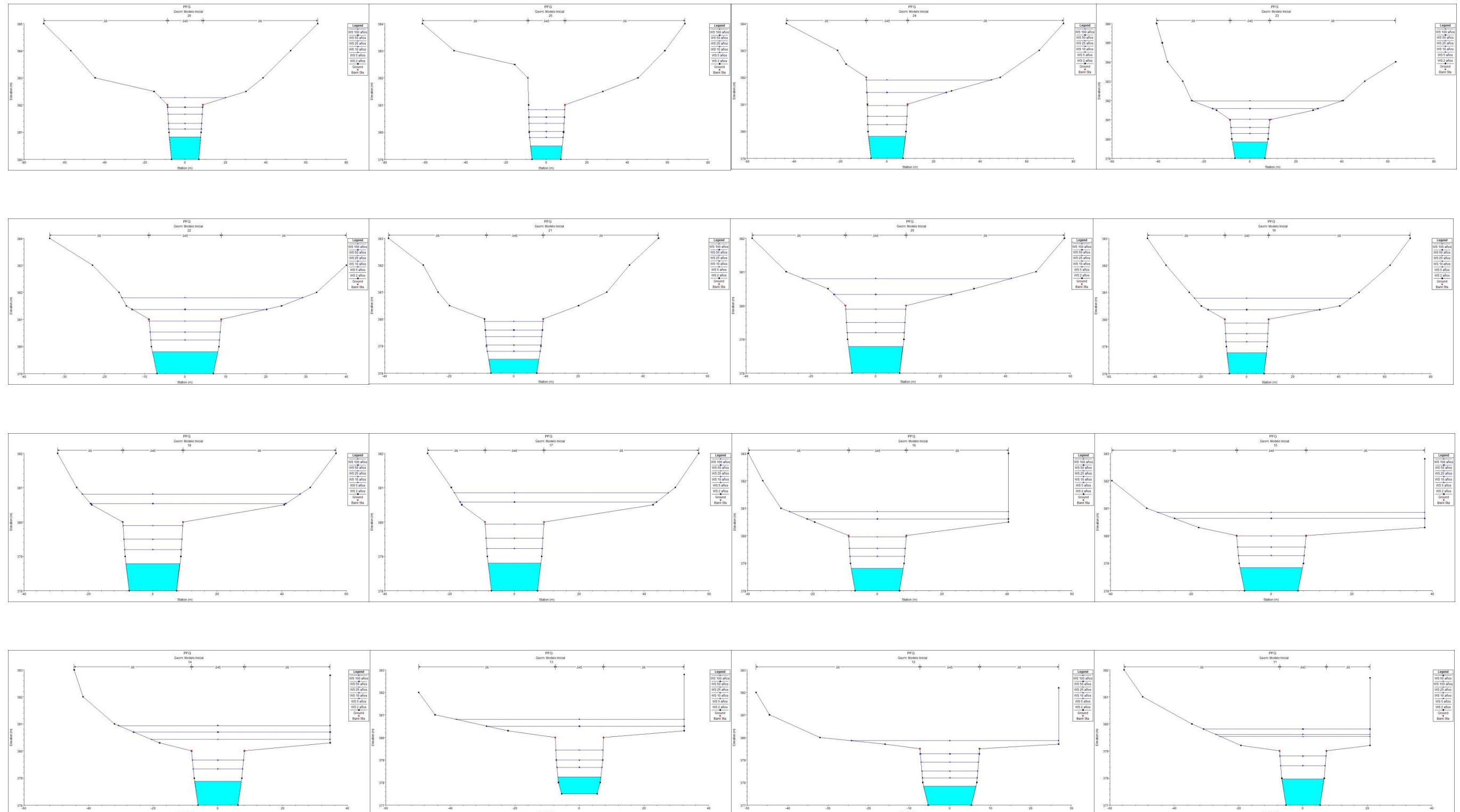
## **-MODELO INICIAL-**

**Mejora de los márgenes y pasarela sobre el Río Caldo – Concello de Lobios (Ourense)**

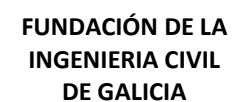
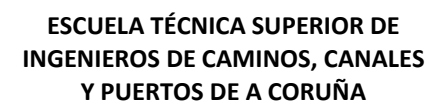


Mejora de los márgenes y pasarela sobre el Río Caldo – Concello de Lobios (Ourense)





Mejora de los márgenes y pasarela sobre el Río Caldo – Concello de Lobios (Ourense)



**JUNIO 2016**





ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE  
INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES  
Y PUERTOS DE A CORUÑA



FUNDACIÓN DE LA  
INGENIERIA CIVIL  
DE GALICIA

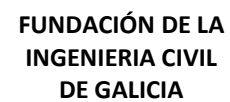
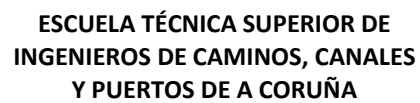


UNIVERSIDADE DA CORUÑA

**José Luis Rodríguez Rodríguez**  
**JUNIO 2016**

## **-MODELO MURO-**

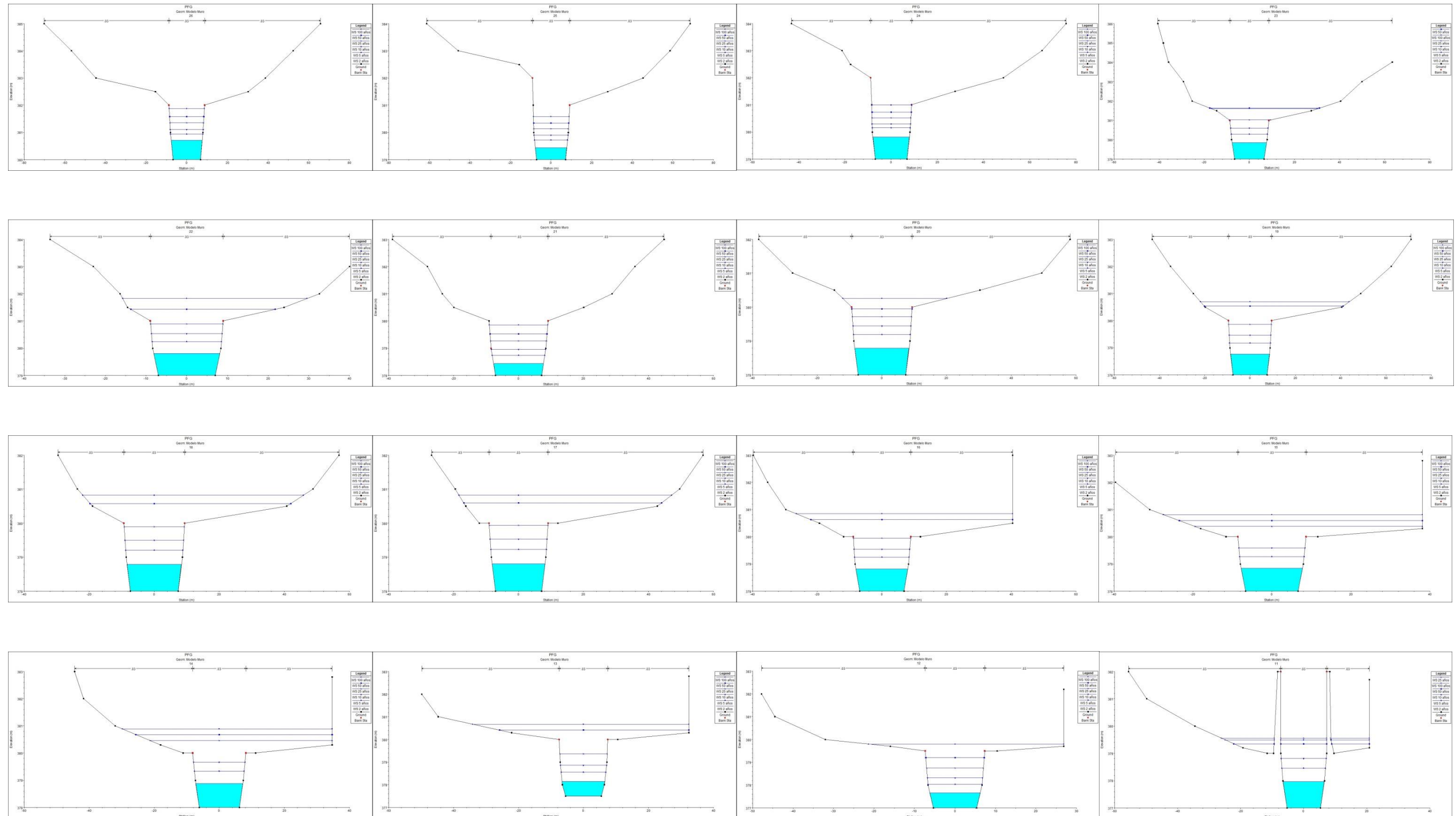
**Mejora de los márgenes y pasarela sobre el Río Caldo – Concello de Lobios (Ourense)**



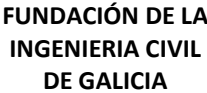
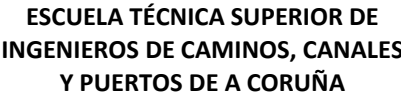
**JUNIO 2016**







Mejora de los márgenes y pasarela sobre el Río Caldo – Concello de Lobios (Ourense)



**José Luis Rodríguez Rodríguez**  
**JUNIO 2016**





ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE  
INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES  
Y PUERTOS DE A CORUÑA



FUNDACIÓN DE LA  
INGENIERIA CIVIL  
DE GALICIA

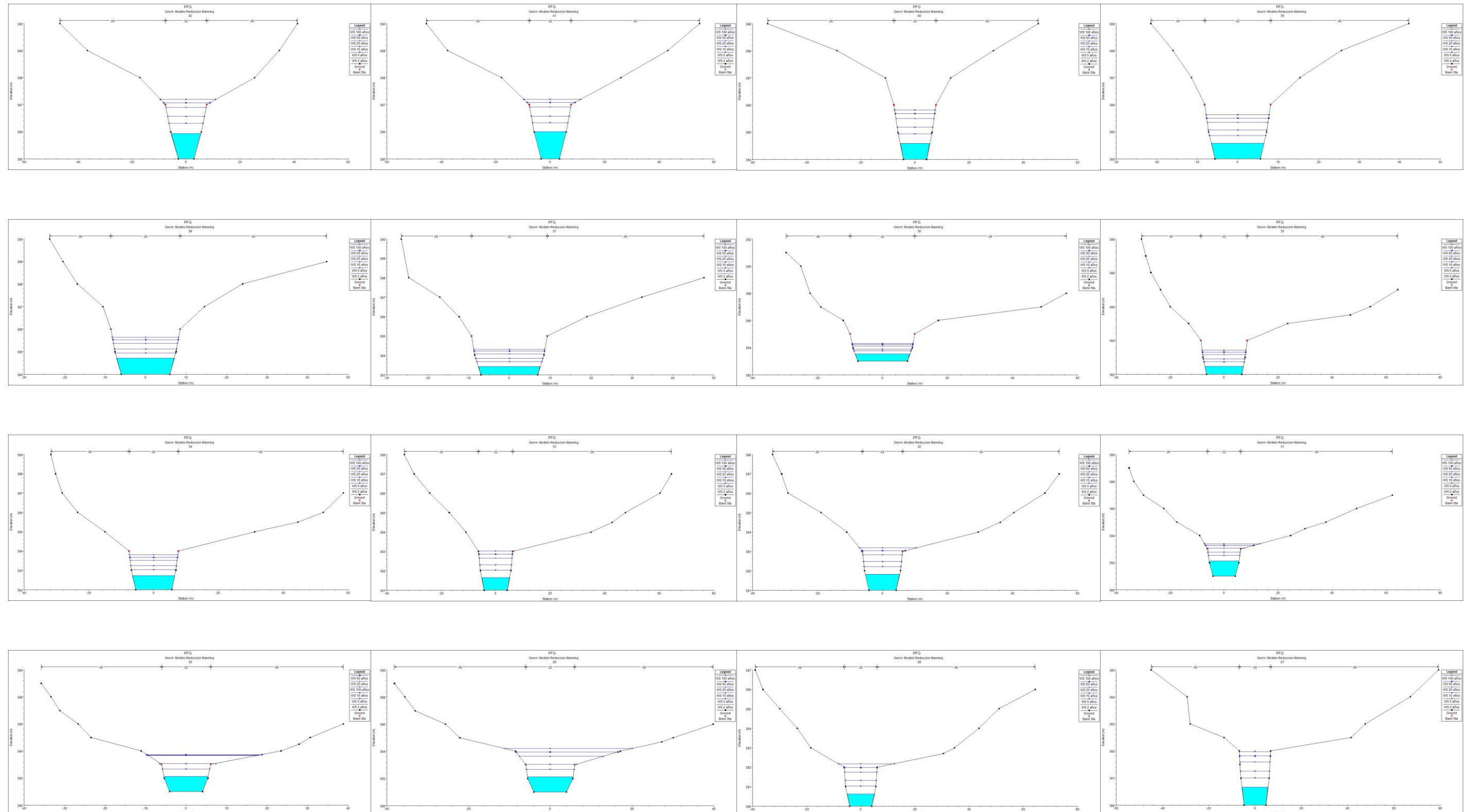


UNIVERSIDADE DA CORUÑA

**José Luis Rodríguez Rodríguez**  
**JUNIO 2016**

# **-MODELO REDUCCIÓN MANNING-**

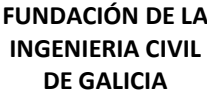
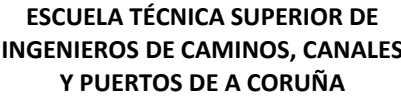
**Mejora de los márgenes y pasarela sobre el Río Caldo – Concello de Lobios (Ourense)**



Mejora de los márgenes y pasarela sobre el Río Caldo – Concello de Lobios (Ourense)







**José Luis Rodríguez Rodríguez**  
**JUNIO 2016**





ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE  
INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES  
Y PUERTOS DE A CORUÑA



FUNDACIÓN DE LA  
INGENIERIA CIVIL  
DE GALICIA



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

**José Luis Rodríguez Rodríguez**  
**JUNIO 2016**

# **-Anejo 08-**

## **ESTUDIO DE ALTERNATIVAS**



# ÍNDICE

## 1. INTRODUCCIÓN

## 2. ANTECEDENTES Y OBJETO DEL PROYECTO

- 2.1. SITUACIÓN ACTUAL
- 2.2. OBJETO DEL PROYECTO

## 3. USOS DEL SUELO

## 4. CONDICIONANTES. CRITERIOS DE DISEÑO

- 4.1. FUNCIONALES
- 4.2. ESTÉTICOS
- 4.3. CONSTRUCTIVOS
- 4.4. GEOMÉTRICOS
  - 4.4.1. ANCHURA EFECTIVA DEL TABLERO
  - 4.4.2. RAMPA MÁXIMA
  - 4.4.3. ALTURA LIBRE
  - 4.4.4. BARANDILLAS
- 4.5. DURABILIDAD
- 4.6. MEDIOAMBIENTALES
- 4.7. ECONÓMICOS
- 4.8. LUZ A SALVAR
- 4.9. OCUPACIÓN EN PLANTA DE LOS EXTREMOS DE LA PASARELA
- 4.10. ESTIMACIÓN DE USUARIOS
- 4.11. RECORRIDOS PEATONALES

## 5. PASARELA: UBICACIÓN EN PLANTA

- 5.1. DESCRIPCIÓN DE LAS ALTERNATIVAS
- 5.2. CRITERIOS DE EVALUACIÓN
  - 5.2.1. ADAPTACIÓN VISUAL. INTEGRACIÓN EN EL ENTORNO
  - 5.2.2. LUZ A SALVAR
  - 5.2.3. IMPACTO AMBIENTAL

## 5.3. ELECCIÓN DE LA UBICACIÓN ÓPTIMA

- 5.3.1. MÉTODO DE LAS MEDIAS PONDERADAS
- 5.3.2. MÉTODO PRESS
- 5.3.3. MÉTODO ELECTRE

## 6. PASARELA: MATERIAL A EMPLEAR

- 6.1. DESCRIPCIÓN DE LOS MATERIALES
  - 6.1.1. HORMIGÓN
  - 6.1.2. MADERA
  - 6.1.3. ACERO
- 6.2. CRITERIOS DE EVALUACIÓN
  - 6.2.1. ESTÉTICO
  - 6.2.2. ECONÓMICO
  - 6.2.3. TÉCNICO
- 6.3. ELECCIÓN DEL MATERIAL ÓPTIMO
  - 6.3.1. MÉTODO DE LAS MEDIAS PONDERADAS
  - 6.3.2. MÉTODO PRESS
  - 6.3.3. MÉTODO ELECTRE

## 7. PASARELA: TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL

- 7.1. DESCRIPCIÓN DE LAS TIPOLOGÍAS
  - 7.1.1. VIGA SIMPLE
  - 7.1.2. VIGA RETICULADA
  - 7.1.3. PUENTE EN ARCO
- 7.2. ELECCIÓN DE LA TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL ÓPTIMA

## 8. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

### APÉNDICE 08 – 1: PLANOS DE ALTERNATIVAS EN PLANTA

### APÉNDICE 08 – 2: PLANOS DE TIPOLOGÍAS ESTRUCTURALES





## 1. INTRODUCCIÓN

El objetivo del presente anejo de *Estudio de alternativas* consiste en el análisis de cada una de las distintas soluciones propuestas al problema detectado en la zona de proyecto, mencionado en el *ANEJO 01: ANTECEDENTES Y OBJETO*.

Se va a realizar un análisis individual de cada una de las alternativas propuestas con el fin de elegir la mejor de ellas, mediante la realización de análisis multicriterio.

Para la obtención de la solución óptima mediante la realización de análisis multicriterio se establecerán previamente unos criterios, los cuales se van a ponderar con unos determinados pesos específicos que establecen la importancia relativa de cada uno de ellos, valorando así de forma cualitativa cada una de las alternativas, realizando una comparación entre ellas y eligiendo la más apropiada.

Este estudio constituye una parte fundamental del proyecto, por lo que se considera necesaria su inclusión dentro de los anejos de la memoria, y su contenido se divide en tres partes fundamentales:

- Descripción de la situación actual y de la necesidad de realizar la actuación.
- Estudio de las condiciones que rodean a la obra y valoración de cada una de las alternativas.
- Elección y justificación de la alternativa más adecuada.

## 2. ANTECEDENTES Y OBJETO DEL PROYECTO

### 2.1. Situación actual

Tal y como se recoge en el *ANEJO 01: ANTECEDENTES Y OBJETO*, Los Baños de Río Caldo, en el Término Municipal de Lobios, en el suroeste de la provincia de Ourense, constituyen una importante zona de turismo termal dentro de la provincia, y en torno a ello se centrará el presente anteproyecto, el cual se redacta con el objetivo de mejorar tanto el entorno de la piscina termal allí ubicada como la comunicación entre ambos márgenes.

El problema existente en la actualidad, del que se reciben quejas tanto por parte de los visitantes de la zona como de los propios vecinos, es el estado actual del paso sobre el río Caldo.

Dicho paso sobre el río Caldo no cumple las condiciones definidas en la *Orden Ministerial VIV/561/2010, de 1 de febrero, por la que se desarrolla el documento técnico de condiciones básicas de accesibilidad y no discriminación para el acceso y utilización de los espacios públicos urbanizados*, tanto en materia de accesibilidad, constando de una anchura libre de paso inferior a 1.80 m que no garantiza el giro, cruce y cambio de dirección de las personas independientemente de sus características o modo de desplazamiento, como en materia de seguridad, ante la ausencia de barandillas en dicho paso, lo que ya ha provocado lesiones al producirse caídas al cauce del río.



Fotografía 1. Paso peatonal actual sobre el río Caldo.

Debido a la precariedad de este paso, los usuarios se ven obligados a extremar las precauciones a la hora de cruzar de uno a otro lado del río, debiendo atravesarlo en fila, con la imposibilidad de cruzar dos personas en cada sentido ante la ausencia de ancho y constituyendo una auténtica barrera para las personas de movilidad reducida.



## 2.2. Objeto del proyecto

Debido al estado de la situación actual comentada anteriormente, los objetivos del presente anteproyecto son los siguientes:

- Mejorar los elementos y servicios ofrecidos en el entorno fluvial, tanto para los habitantes de la zona como para los numerosos turistas que la visitan, mejorando las condiciones de accesibilidad y seguridad, y la no discriminación en el acceso y utilización del entorno por parte de personas de movilidad reducida.
- Mejorar la comunicación existente para el tráfico peatonal entre ambos márgenes, que permita la unión de forma directa de los núcleos rurales de Bubaces y Torneiros con los Baños de Río Caldo, Vilameá y A Devesa, actualmente basada en el puente de la carretera OU-312 y en el paso peatonal comentado previamente.
- Evitar el riesgo que existe hoy en día en la zona para cruzar el río por parte de los peatones, ya que no existen pasos habilitados cercanos, tan sólo a través del puente de la carretera OU-312, el cual no dispone de aceras, constituyendo un gran problema para los peatones la falta de seguridad al mezclar el tráfico rodado con el peatonal.
- Mejorar la seguridad para evitar el riesgo de lesiones a la hora de cruzar el cauce del río Caldo, ante la ausencia de barandillas en el paso actual y las numerosas quejas debidas a tal motivo, ya que existen numerosos precedentes de caídas al cauce con lesiones que han acabado en denuncias contra la administración local y en sus correspondientes indemnizaciones.

La principal finalidad es, pues, proporcionar los elementos básicos para que el entorno de nuestro estudio se mantenga y crezca como un referente más del turismo termal en la provincia de Ourense.

Por lo tanto, con el fin de conseguir los anteriores objetivos, se proponen las siguientes actuaciones en la zona de proyecto:

- Construcción de una pasarela peatonal que permita comunicar ambos márgenes del río Caldo en las condiciones óptimas de seguridad y comodidad, establecidas en la *Orden Ministerial VIV/561/2010, de 1 de febrero, por la que se desarrolla el documento técnico de condiciones básicas de accesibilidad y no discriminación para el acceso y utilización de los espacios públicos urbanizados*.
- Colocación de farolas que permitan una correcta iluminación de la zona, muy deficiente en la actualidad, incorporación al entorno de mobiliario urbano tal que bancos y papeleras y rehabilitación de los caminos existentes.

El aumento de la comodidad y de la seguridad para los usuarios del entorno termal, además de la mejora de la accesibilidad para la no discriminación de las personas de movilidad reducida, son puntos claves que permitirían un mayor desarrollo turístico y económico de la zona, beneficiando tanto a los propios visitantes como a los habitantes del lugar.

Las pasarelas peatonales se utilizan cuando es necesario salvar obstáculos en el trazado de un camino natural, como cruces con carreteras, cauces, etc., y no es posible realizar otro tipo de obra de fábrica.

La construcción de la nueva pasarela salvará el cauce del río Caldo y comunicará ambos márgenes sin recurrir al paso actual, el cual no cumple las condiciones mínimas de seguridad y comodidad citadas en la *Orden Ministerial* anteriormente nombrada, ni al puente de la carretera OU-312, que une Lobios con el paso fronterizo de Portela do Home, y que no dispone de aceras para asegurar la seguridad del tráfico peatonal.

Se trata también de que la nueva pasarela sirva como unión entre los caminos que discurren por ambos márgenes, el procedente del núcleo de Bubaces por el margen izquierdo y el que comienza junto a la piscina termal formando parte de una de las rutas del Parque Natural más realizadas.



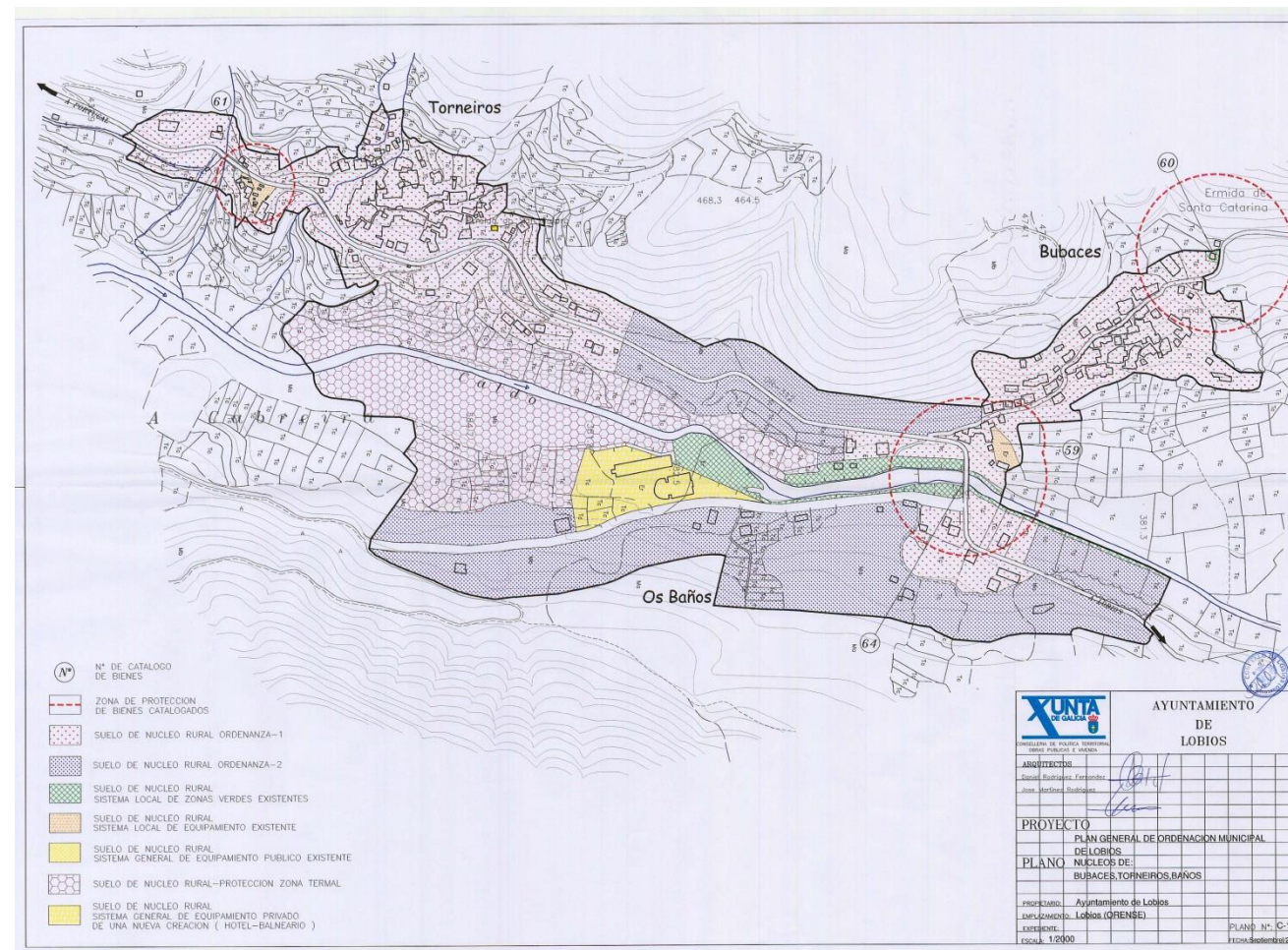


Debido a la finalidad académica de este proyecto, algunos de los datos de partida no tienen el rigor que se requeriría en el caso de tratarse de un proyecto real, ya que se carece de los datos necesarios y de los medios materiales para su obtención.

### 3. USOS DEL SUELO

Con el fin de completar la descripción de la situación de la zona de estudio se ha realizado un breve análisis de la distribución actual de los usos del suelo. Para ello se ha consultado en el *Sistema de Información de Ordenación do Territorio e Urbanismo de Galicia (SIOTUGA)* de la Xunta de Galicia, el Plan General de Ordenación Municipal de Lobios.

Se adjunta a continuación el Plano Nº C-10, con fecha de Septiembre de 2001, de los núcleos de Bubaces, Torneiros, Baños.



## 4. CONDICIONANTES. CRITERIOS DE DISEÑO

### 4.1. Funcionales

La función de la pasarela es permitir el cruce del cauce del río Caldo en condiciones de seguridad y comodidad, evitando el deficiente paso actual y la coexistencia de peatones y vehículos en el puente de la carretera OU-312.

Ésta se construirá atendiendo a los flujos peatonales más frecuentes, dándoles continuidad y permitiendo que los recorridos sean lo más cortos posibles en beneficio de los peatones.

Se tendrá en cuenta también la posibilidad de que la pasarela soporte tráfico ciclista, lo cual variará la anchura de la misma y la altura de las barandillas.

Dicha pasarela se ubicará en planta con el objetivo de proporcionar el mejor servicio en ambas márgenes, sin impedir los habituales usos del río para el baño por parte de los usuarios del entorno fluvial en el que nos encontramos.

### 4.2. Estéticos

Las pasarelas deben de integrarse en el entorno que las rodea y, en lo posible, poseerán características agradables al usuario.

En este proyecto se busca una correcta integración en el entorno natural, reduciendo en lo posible el impacto ambiental en esta importante reserva de la Biosfera transfronteriza.

Por tanto, debido a este entorno natural en el que nos encontramos, el criterio estético será considerado una prioridad por encima de otros condicionantes.

A ello puede contribuir la realización de una pasarela con una cierta sencillez estructural y con una esbeltez adecuada aunque ello implique que sea menos económica o estructuralmente peor que otra tipología estructural.



### 4.3. Constructivos

Gran parte de los elementos utilizados en la construcción de pasarelas metálicas y de madera son, o pueden ser, prefabricados. El empleo de este tipo de elementos implica una disminución de los costes asociados a estas estructuras, disminuyendo también el plazo de ejecución de las mismas.

### 4.4. Geométricos

Para fijar la anchura efectiva del tablero, la rampa máxima y la altura libre se van a seguir las indicaciones de la normativa y otros textos de recomendaciones:

- *Ley 8/1997, de 20 de Agosto, de accesibilidad y supresión de barreras en la Comunidad Autónoma de Galicia.*
- *Decreto 35/2000, de 28 de Enero, de desarrollo y ejecución de la Ley 8/1997.*
- *Orden Ministerial VIV/561/2010, de 1 de febrero, por la que se desarrolla el documento técnico de condiciones básicas de accesibilidad y no discriminación para el acceso y utilización de los espacios públicos urbanizados.*
- *“Recomendaciones para el proyecto y diseño del viario urbano” del Ministerio de Fomento.*

#### 4.4.1. Anchura efectiva del tablero

La anchura de la pasarela debe ser suficiente para dar un nivel de servicio adecuado y la máxima comodidad sin aumentar el coste de manera excesiva, puesto que es uno de los condicionantes económicos más importantes, ya que aumenta el peso propio de la estructura y el material a utilizar.

Según las *“Recomendaciones para el proyecto y diseño del viario urbano”* del Ministerio de Fomento, del año 2000, se establece que la demanda de espacio en movimiento es la que se muestra en la siguiente tabla:

Situación	Recomendable (m)	Mínimo (m)
Movimiento de una persona	0.75	0.60
Una persona con cochecito	0.90	0.80
Cruce de dos personas	1.00	0.90
Dos personas en paralelo	1.30	1.20
Persona con cochecito y niño	1.25	1.15
Dos personas con niño	2.25	1.80
Cruce de minusválido y persona	1.80	1.70
Dos personas con paraguas	2.40	2.00

Tabla 4.4.1.1. Necesidades de anchura para el peatón.

La situación más desfavorable se produce en el cruce de dos personas con paraguas abierto, siendo el espacio mínimo en este caso de 2 m y el recomendable de 2.40 m.

Por otra parte, según *“Puentes de madera”* de Kurt Schwaner y otros, del año 2004, se establecen los siguientes valores de anchuras y alturas libres para los diferentes posibles usos:

Categoría	Empleo	Anchura libre mínima (m)	Mínima altura libre sobre la pasarela (m)	Acceso vehículo de emergencia
Ancha	Peatones y ciclistas (alta densidad de tráfico)	4.50	3.00	Sí
Normal	Peatones y ciclistas (densidad intermedia de tráfico)	3.50	3.00	Sí
Estrecha	Peatones y ciclistas (baja densidad de tráfico)	2.50	2.20	No

Tabla 4.4.1.2. Valores de anchuras y alturas libres para los diferentes posibles usos.

Al existir una baja densidad de tráfico, se dispondrá una pasarela estrecha con una anchura libre mínima de 2.50 m y sin acceso para vehículos de emergencias.





La Ley 8/1997, de 20 de Agosto, de accesibilidad y supresión de barreras en la Comunidad Autónoma de Galicia, y el Decreto 35/2000, de 28 de Enero, de desarrollo y ejecución de la Ley 8/1997, establecen una anchura mínima de 1.80 m en itinerarios adaptados.

Por último, la Orden Ministerial VIV/561/2010, de 1 de febrero, por la que se desarrolla el documento técnico de condiciones básicas de accesibilidad y no discriminación para el acceso y utilización de los espacios públicos urbanizados, establece también que en los itinerarios peatonales accesibles, en todo su desarrollo, se poseerá una anchura libre de paso no inferior a 1.80 m que garantice el giro, cruce y cambio de dirección de las personas independientemente de sus características o modo de desplazamiento.

#### 4.4.2. Rampa máxima

Las “Recomendaciones para el proyecto y diseño del viario urbano” establecen que la rampa máxima admisible en pasarelas y pasos subterráneos es del 10 %.

El Decreto 35/2000, de 28 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de desarrollo y ejecución de la Ley 8/1997, de 20 de agosto, de accesibilidad y supresión de barreras en la Comunidad Autónoma de Galicia establece que las rampas longitudinales máximas en itinerarios peatonales deben cumplir con lo siguiente:

	Adaptado	Practicable
Rampas de longitud menor de 3 metros	10%	12%
Rampas de longitud entre 3 y 10 metros	8%	10%
Rampas de longitud mayor de 10 metros	6%	8%

Cuando las condiciones físicas del lugar en que se sitúa la rampa no permitan utilizar las pendientes anteriormente establecidas se permitirá con una memoria justificativa aumentar en un 2% las pendientes que en cada caso sean exigibles.

Por lo tanto, en el peor de los casos la rampa máxima sería del 6 %.

Este valor cumple la Orden VIV/561/2010, de 1 de febrero, por la que se desarrolla el documento técnico de condiciones básicas de accesibilidad y no discriminación para el acceso y utilización de los espacios públicos urbanizados.

Estos valores se tendrán en cuenta a la hora de diseñar el trazado en alzado del tablero.

#### 4.4.3. Altura libre

Según el Decreto 35/2000, de 28 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de desarrollo y ejecución de la Ley 8/1997, de 20 de agosto, de accesibilidad y supresión de barreras en la Comunidad Autónoma de Galicia y la Orden VIV/561/2010, de 1 de febrero, por la que se desarrolla el documento técnico de condiciones básicas de accesibilidad y no discriminación para el acceso y utilización de los espacios públicos urbanizados, la altura mínima de paso libre de obstáculos será de 2.20 m.

#### 4.4.4. Barandillas

Según la Orden VIV/561/2010, de 1 de febrero, por la que se desarrolla el documento técnico de condiciones básicas de accesibilidad y no discriminación para el acceso y utilización de los espacios públicos urbanizados, se utilizarán barandillas para evitar el riesgo de caídas junto a los desniveles con una diferencia de cota de más de 0.55 m.

Éstas tendrán las siguientes características:

- Tendrán una altura mínima de 0.90 m, cuando la diferencia de cota que protejan sea menor de 6 m, y de 1.10 m en los demás casos. La altura se medirá verticalmente desde el nivel del suelo.
- No serán escalables, por lo que no dispondrán de puntos de apoyo entre los 0.20 m y 0.70 m de altura.
- Las aberturas y espacios libres entre elementos verticales no superarán los 10 cm.
- Serán estables, rígidas y estarán fuertemente fijadas



#### 4.5. Durabilidad

La estructura debe ser proyectada para que se cumplan los requisitos de seguridad estructural, funcionalidad y apariencia durante un período determinado de tiempo (vida útil), estando sometida a las acciones medioambientales sin necesidad de costes elevados de mantenimiento.

La IAP-11 ('Instrucción sobre las Acciones a Considerar en el Proyecto de Puentes de Carretera') establece una vida útil de 100 años. El proyecto debe considerar que ésta ha de alcanzarse minimizando los costes de conservación con una adecuada elección del tipo estructural, materiales, diseño, protección y plan de mantenimiento.

#### 4.6. Medioambientales

Durante la fase de diseño de la infraestructura se preverá la minimización del impacto (final y de ejecución) y la naturalidad de los elementos constituyentes de la estructura, utilizando materiales de la zona siempre que sea técnica y económicamente posible.

Queda abierta la posibilidad de utilizar materiales provenientes de reciclado, siempre que cumplan los requerimientos propios de su función, o que puedan ser reutilizables en un futuro, al terminar su utilidad en la pasarela.

Las pasarelas a utilizar en caminos naturales serán principalmente, siempre que técnicamente sea posible, de madera.

#### 4.7. Económicos

En relación a los criterios económicos, no solo hay que considerar el coste de la estructura, sino que también hay que tener en cuenta el mantenimiento necesario y su frecuencia, así como la posibilidad real de su realización, resultando normalmente más rentable un mayor coste de ejecución y menos mantenimiento, que lo contrario.

La valoración económica se realizará en función de la anchura, la longitud total, los materiales empleados y la tipología estructural escogida.

Se buscará minimizar los costes pero consiguiendo una solución estética y funcional.

#### 4.8. Luz a salvar

La anchura del encauzamiento del río Caldo va a determinar la luz que debe salvar la pasarela.

La longitud de la pasarela constituye un importante condicionante que afectará de manera notable al coste de ésta.

Económicamente, la longitud de la pasarela influye de manera clara en el coste final de ésta. Sin embargo, por tratarse de un anteproyecto de carácter académico, no será el criterio más valorado a la hora de elegir su ubicación en planta.

La luz, por cuestiones estéticas y funcionales, será salvada siempre que sea posible mediante un único vano.

#### 4.9. Ocupación en planta de los extremos de la pasarela

La ocupación en planta de las zonas de apoyo de la pasarela en los márgenes del río va a ser un factor determinante que va a condicionar algunos aspectos del diseño de ésta, buscando una zona para los apoyos alejada del muro para permitir una correcta integración y una buena adaptación visual.

Por ello se deben barajar diversas opciones de apoyo de la pasarela para que no entorpezcan el paseo fluvial existente ni el curso del agua del río.

#### 4.10. Estimación de usuarios

Según datos del INE (Instituto Nacional de Estadística) de 2015, el municipio de Lobios tiene un total de 1988 habitantes, de los que 379 pertenecen a la parroquia de Santa María de Río Caldo, distribuidos de la siguiente forma:

	Os Baños	Bubaces	A Devesa	Padrendo	Torneiros	Vilameá
Habitantes	27	77	38	46	88	103

Los cuatro núcleos más próximos a la zona termal (Os Baños, Bubaces, Torneiros y Vilameá) suman un total de 295 habitantes, una población que en época estival se estima que podría multiplicarse por dos, alcanzando los 600 habitantes.



#### 4.11. Recorridos peatonales

La nueva pasarela permitirá conectar los dos núcleos más poblados e importantes de la zona, Vilameá y Torneiros, de una forma más directa, rápida y segura, sin la necesidad de cruzar peatonalmente el puente de la carretera OU-312, el cual no dispone de aceras ni arcenes que permitan el paso con total seguridad.

Además, se acercan de manera especial los núcleos de Torneiros y Bubaces con Los Baños de Riocaldo.

Por otra parte, se tratará de una construcción completamente necesaria para los usuarios del entorno fluvial para permitir el paso de un lado a otro del cauce.



En esta imagen se aprecia cómo la construcción de la nueva pasarela permite la reducción de la distancia de los recorridos peatonales realizados entre Torneiros y Bubaces con Os Baños, además de, como ya se ha comentado anteriormente, aumentar la seguridad de los recorridos gracias a esta construcción.

#### 5. PASARELA: UBICACIÓN EN PLANTA

En este apartado se tratará de decidir cuál será el mejor lugar para ubicar la pasarela para que ésta atienda a las necesidades de la zona y se saque el máximo partido de la misma.

La opción de no realizar ninguna actuación no se contempla ya que no mejoraría la situación de la zona ni solucionaría los problemas existentes de comodidad y seguridad comentados anteriormente.

Por lo tanto se optará por la construcción de una pasarela que se deberá ubicar fuera de la zona de flujo preferente que marca la Confederación Hidrográfica Miño – Sil, la cual viene definida en el ANEJO 07: HIDRÁULICA.

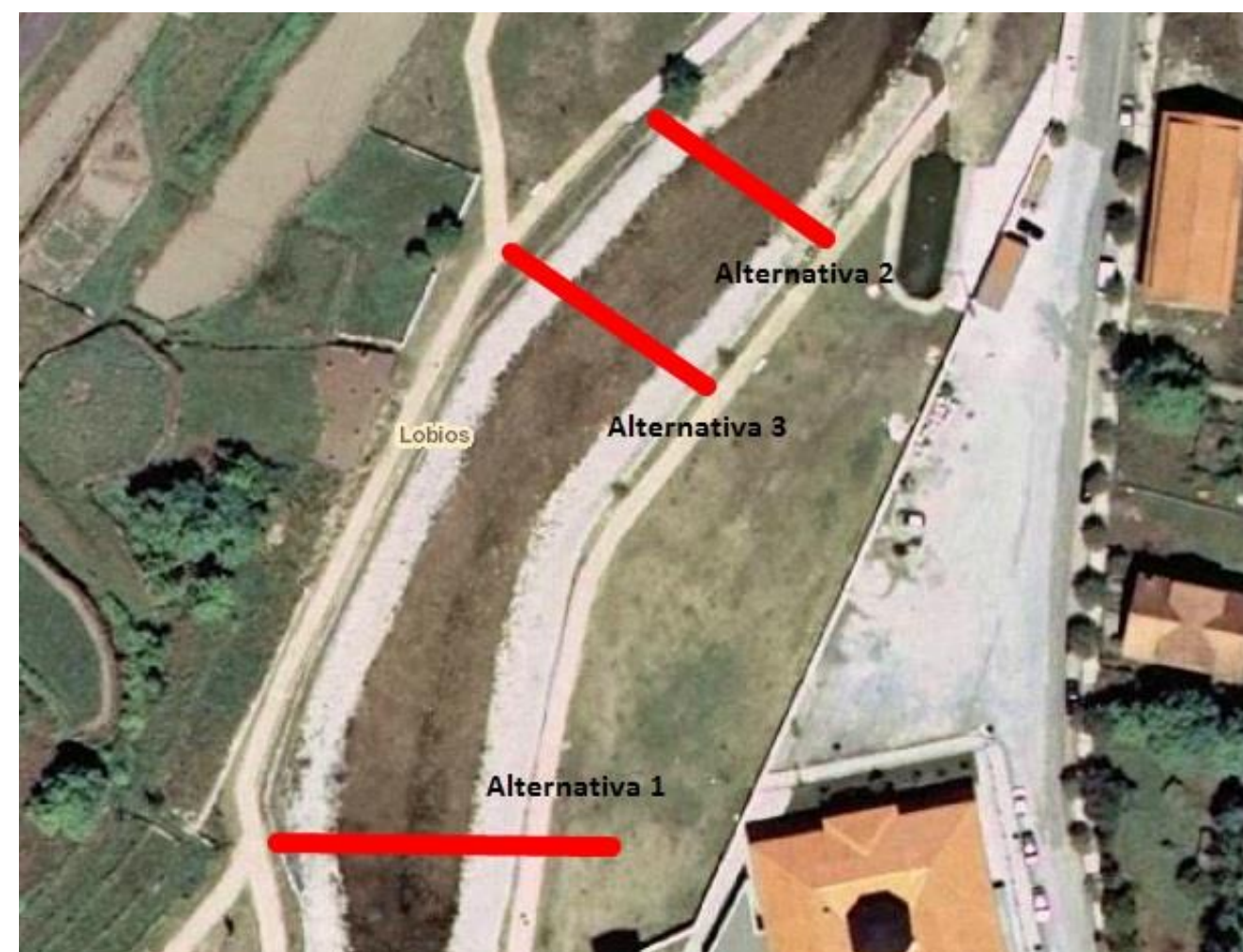


Figura 5. Ubicación en planta de las distintas alternativas.



### 5.1. Descripción de las alternativas

La Alternativa 1 se ubica fuera de la zona de flujo preferente que marca la Confederación Hidrográfica Miño – Sil, la cual se define en el *ANEJO 07: HIDRÁULICA* y cuyo plano también se adjunta en él.

Esta alternativa tendrá una longitud aproximada de unos 44 metros, siendo la más larga de las tres alternativas propuestas, y la única que se encuentra fuera de la zona de flujo preferente sin necesidad de ejecutar ninguna actuación complementaria.



Figura 5.1.1. Alternativa 1 de ubicación en planta.

Las otras dos alternativas tendrán una longitud menor que la primera, y por tanto menor coste, sin embargo serán necesarias unas actuaciones complementarias para que sea posible ubicarlas fuera de la zona de flujo preferente.

Para ubicar la Alternativa 2 fuera de la zona de flujo preferente se ha optado por la construcción de un pequeño muro de apenas un metro de alto en un tramo de 65 metros aguas arriba, tal y como se explica en el *ANEJO 07: HIDRÁULICA*. En este anejo también se explica que tomaremos como zona de flujo preferente la avenida de diseño para un periodo de retorno de 100 años, quedándonos del lado de la seguridad.

Esta alternativa tiene una longitud de unos 26 metros, y se encuentra muy próxima a la piscina termal.



Figura 5.1.2. Alternativa 2 de ubicación en planta.



Por último, la Alternativa 3 tendrá una longitud de unos 30 metros y se encuentra situada en una zona intermedia de la playa fluvial en el margen derecho y en un cruce de caminos en el margen izquierdo, entre el paseo fluvial y el camino que se dirige al parque infantil.

Para ubicarla fuera de la zona de flujo preferente ha sido necesario reducir el coeficiente de Manning del cauce principal hasta un valor de 0.20 (fondo de gravas con lados de piedra sin seleccionar), realizando una limpieza de la maleza existente en el cauce en el mismo tramo de 65 metros aguas arriba, como también se explica en el *ANEJO 07: HIDRÁULICA*. Al igual que en el caso de la Alternativa 2, también se toma la avenida para el periodo de retorno de 100 años como zona de flujo preferente, quedando nuevamente del lado de la seguridad.



Caminos
Avenida para T=100 años
Alternativa 3 de ubicación en planta
Zona de limpieza del cauce

Figura 5.1.3. Alternativa 3 de ubicación en planta.

## 5.2. Criterios de evaluación

La valoración de las diversas alternativas no es sencilla de determinar ya que conlleva ciertos aspectos subjetivos que no son fácilmente cuantificables, como puede ser el paisajístico o el ambiental, que son susceptibles a discusión dependiendo del punto de vista desde el cual se enfoque o de la apreciación personal de cada individuo.

El estudio de la ubicación óptima en planta se llevará a cabo, por tanto, teniendo en cuenta los siguientes criterios que ayuden a la determinación de ésta:

- Adaptación visual de la pasarela. Integración en el entorno.
- Luz a salvar.
- Impacto ambiental.

### 5.2.1. Adaptación visual. Integración en el entorno.

La estructura requiere una perfecta integración en el medio natural que la rodea. Deben predominar, por encima de los criterios económicos, unos criterios estéticos que permitan una buena adaptación visual, por lo que este criterio tendrá un peso del 40%.

La adaptación visual de la pasarela y su integración en el entorno constituyen un criterio difícil de ser valorado de forma objetiva. En este caso se valorarán aspectos como las distancias hasta los muros cercanos y la buena visibilidad de que disponga la pasarela en función de donde se ubique, siempre de una manera subjetiva, para permitir una correcta integración en el medio que la rodea sin entorpecer las actividades de los usuarios de la zona, en este caso el baño.

La Alternativa 1 es la que se encuentra más alejada del paso actual y de la piscina termal, muy próxima al muro que separa el entorno fluvial del balneario, por lo que su adaptación visual no es buena, ya que también dista bastante de la zona de mayor afluencia de usuarios. Su proximidad al muro hace que cuente con una escasa visibilidad desde fuera del entorno del río, no constituyendo así un nuevo elemento característico de la zona. Debido a este motivo será la alternativa peor valorada con 1 punto.



La Alternativa 2 se encuentra muy próxima a la piscina termal, lo cual la haría más visible, sin embargo, por ubicarse demasiado próxima a ella, su integración no sería la más adecuada ya que rompería la armonía y tranquilidad de los usuarios de la piscina termal al colocar un extremo de la pasarela a su lado, entorpeciendo además el habitual uso del río para el baño en ese tramo, y, por tanto, será valorada con 3 puntos.

Por último, la Alternativa 3 dispone de un gran espacio en ambos márgenes por lo que su adaptación visual en el medio sería la mejor de las tres. Además está ubicada en el lugar donde mayor gente se concentra, por ser el más amplio, siendo así la mejor alternativa funcionalmente y valorada con 10 puntos.

### 5.2.2. Luz a salvar

Se valorarán ahora las distintas alternativas en planta según la mayor o menor longitud de luz a salvar mediante la pasarela, valorando positivamente las longitudes más pequeñas y penalizando las longitudes mayores.

La longitud de la pasarela constituye un importante condicionante que afectará de manera notable al coste de ésta. Sin embargo, por tratarse de un anteproyecto de carácter académico, no será el criterio más valorado a la hora de elegir su ubicación en planta, y tendrá un peso del 30%.

La luz, por cuestiones estéticas y funcionales, será salvada, siempre que sea posible, mediante un único vano.

La Alternativa 1 tiene una longitud de unos 44 m, siendo ésta la mayor de las tres longitudes y, por tanto, la alternativa peor valorada, con 1 punto.

La Alternativa 2 es la más corta, con una longitud de unos 26 m, siendo por este motivo la mejor valorada, con 10 puntos.

La Alternativa 3 tiene una longitud intermedia respecto a las otras dos alternativas, unos 30 m, por lo que su puntuación se obtendrá tras interpolar siguiendo la fórmula expuesta a continuación:

$$f(x|x_1;x_2) = f(x_1) + \frac{f(x_2) - f(x_1)}{(x_2 - x_1)}(x - x_1)$$

Se obtendrá, por tanto, una valoración de 8 puntos.

### 5.2.3. Impacto ambiental

En este apartado se valorará cada una de las alternativas, con un peso del 30%, en función del impacto provocado por las actuaciones realizadas en el río con el objetivo de reducir la zona de flujo preferente del mismo.

La valoración de este criterio, al igual que para la adaptación visual y la integración en el entorno, se realizará de forma subjetiva, valorando más positivamente cuantas menos actuaciones se realicen y más negativamente cuantas más se deban realizar.

En la Alternativa 1 no se realiza ningún tipo de actuación en el río. Se ubica directamente fuera de la zona de flujo preferente que establece la Confederación Hidrográfica Miño – Sil. Esta alternativa será, por tanto, la mejor valorada con 10 puntos.

Para la ubicación de la Alternativa 2 ha sido necesario realizar en ambos márgenes un muro de un metro de alto a lo largo de 65 metros aguas arriba para reducir la zona de flujo preferente, como ya se ha explicado previamente, lo cual produce un gran impacto al modificar de manera artificial la sección del cauce. Debido a esta razón, esta alternativa será valorada con 1 punto.

En cuanto a la Alternativa 3, para la ubicación de ésta ha sido necesario reducir la zona de flujo preferente mediante la reducción del coeficiente de Manning del cauce, realizando una limpieza del cauce en el tramo anteriormente comentado de 65 metros, quedándonos con un fondo de gravas con lados de piedra sin seleccionar, que no implica la modificación de la sección del cauce. Por ello se valorará esta alternativa con 4 puntos.



### 5.3. Elección de la ubicación óptima.

Para tomar una decisión acerca de la ubicación óptima en planta de la estructura se va a proceder a realizar un análisis multicriterio de las alternativas elegidas según los criterios anteriormente expuestos.

Para ello, se empleará el método de las Medias Ponderadas, el método PRESS y el método Electre.

#### 5.3.1. Método de las Medias Ponderadas

La formulación del modelo se realiza partiendo de las 3 alternativas propuestas que van a ser evaluadas según los criterios expuestos anteriormente.

Se establecerán, para cada uno de los criterios, los distintos pesos específicos de manera que se pueda ponderar la importancia relativa de cada criterio en la decisión final:

Criterio	Peso
Adaptación visual	0.40
Luz a salvar	0.30
Impacto ambiental	0.30

Se asignan los valores objetivos de cada criterio, formando la denominada *matriz decisional*:

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Adaptación visual	1	3	10
Luz a salvar	1	10	8
Impacto ambiental	10	1	4

La valoración ha de ser coherente, en el sentido de que, para todos los criterios, la mayor puntuación se obtenga para las condiciones más favorables.

El siguiente paso consiste en homogeneizar los valores de la matriz, restando a cada valor el valor mínimo y dividiendo por la diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo de la fila correspondiente, obteniendo unos nuevos valores homogenizados comprendidos entre 0 y 1:

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Adaptación visual	0	0.222	1
Luz a salvar	0	1	0.778
Impacto ambiental	1	0	0.333

Los valores ponderados se obtendrán multiplicando los valores homogenizados por los correspondientes pesos:

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Adaptación visual	0	0.089	0.4
Luz a salvar	0	0.3	0.233
Impacto ambiental	0.3	0	0.1

Así, la valoración total de cada alternativa supone realizar la suma de los valores ponderados, siendo la alternativa mejor valorada:

Alternativa 1	0.3
Alternativa 2	0.389
<b>Alternativa 3</b>	<b>0.733</b>

Por tanto, con el método de las Medias Ponderadas se obtiene que la mejor alternativa es la Alternativa 3.

#### 5.3.2. Método PRESS

Este método trata de determinar la alternativa más favorable estableciendo las relaciones entre las alternativas para cada uno de los criterios establecidos. De este modo, el método busca la elección óptima de la alternativa que es mejor que las demás en el mayor número posible de criterios y que tiene menores debilidades.





Los pasos a seguir son similares a los del método de las Medias Ponderadas. Se establecen los criterios y sus correspondientes pesos específicos, se valoran los criterios para cada una de las alternativas, se homogenizan y se ponderan igual que en el caso anterior, por lo que las matrices decisional, homogenizada y de valores ponderados serán las mismas que en el método de las Medias Ponderadas.

*Matriz decisional:*

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Adaptación visual	1	3	10
Luz a salvar	1	10	8
Impacto ambiental	10	1	4

*Matriz homogenizada:*

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Adaptación visual	0	0.222	1
Luz a salvar	0	1	0.778
Impacto ambiental	1	0	0.333

*Matriz de valores ponderados:*

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Adaptación visual	0	0.089	0.4
Luz a salvar	0	0.3	0.233
Impacto ambiental	0.3	0	0.1

A partir de la matriz de valores ponderados se debe determinar la *matriz de dominación*, cuyos valores vienen dados por la suma de las diferencias de los valores para cada criterio y alternativa:

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$D_i$
Alternativa 1	0	0.3	0.2	0.5
Alternativa 2	0.389	0	0.067	0.456
Alternativa 3	0.633	0.411	0	1.044
$d_i$	1.022	0.711	0.267	

A partir de esta matriz se han obtenido los valores  $D_i$  como suma de las filas de la matriz de dominación (determina la prelación de la alternativa  $i$  respecto del resto) y los valores  $d_i$  como suma de las correspondientes columnas (determina las ventajas del resto de las alternativas respecto a la alternativa estudiada).

Para concluir, se debe determinar la relación entre  $D_i$  y  $d_i$  para todas las alternativas, siendo la solución óptima el valor  $\text{Máx}(D_i/d_i)$ ,  $i=1,3$ :

	Valor $D_i/d_i$
Alternativa 1	0.489
Alternativa 2	0.641
<b>Alternativa 3</b>	<b>3.912</b>

Por lo tanto, mediante el método PRESS se vuelve a obtener que la Alternativa 3 es la alternativa óptima.

### 5.3.3. Método Electre

El método Electre es el más conocido y utilizado en la práctica. Consiste, en términos generales, en comparar las alternativas de dos en dos, considerando una preferentemente superior a la otra cuando se cumple la condición de concordancia, es decir, el peso de los criterios para los que es igual o superior es suficientemente grande, y la condición de discordancia, es decir, no existe ningún criterio para el que sea todavía peor.





Como en los anteriores dos métodos, se debe partir de la matriz decisional, la cual hay que homogenizar y calcular después la matriz de valores ponderados.

*Matriz decisional:*

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Adaptación visual	1	3	10
Luz a salvar	1	10	8
Impacto ambiental	10	1	4

*Matriz homogenizada:*

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Adaptación visual	0	0.222	1
Luz a salvar	0	1	0.778
Impacto ambiental	1	0	0.333

*Matriz de valores ponderados:*

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Adaptación visual	0	0.089	0.4
Luz a salvar	0	0.3	0.233
Impacto ambiental	0.3	0	0.1

Con la matriz decisional y los pesos de cada criterio se calcula la *matriz de índices de concordancia*, de modo que el índice de concordancia entre dos alternativas  $a_i$  y  $a_k$  se obtiene sumando los pesos de los criterios para los que la alternativa  $a_i$  es igual o superior a la alternativa  $a_k$ , asignándose la mitad del peso a cada alternativa en caso de existir empate entre ellas. Sus valores deben estar comprendidos entre 0 y 1 y la suma de los elementos simétricos respecto a la diagonal principal debe ser 1, no existiendo valores en la diagonal principal.

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Alternativa 1	-	0.3	0.3
Alternativa 2	0.7	-	0.3
Alternativa 3	0.7	0.7	-

Ahora se debe calcular la *matriz de índices de discordancia*, obteniéndose el índice de discordancia entre dos alternativas  $a_i$  y  $a_k$  como el cociente de la diferencia mayor de los criterios para los que la alternativa  $a_i$  está dominada por la alternativa  $a_k$  entre la mayor diferencia en valor absoluto entre los resultados alcanzados por la alternativa  $a_i$  y  $a_k$ . Sus valores también deben estar comprendidos entre 0 y 1 sin existir valores en la diagonal principal.

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Alternativa 1	-	1	1
Alternativa 2	1	-	1
Alternativa 3	0.5	0.214	-

A partir de estas matrices se calculan el *umbral mínimo de concordancia (c)* y el *umbral máximo de discordancia (d)* a partir de los valores medios de los elementos de las matrices de índices de concordancia y de índices de discordancia respectivamente:

Umbral mínimo de concordancia (c)	0.5
-----------------------------------	-----

Umbral máximo de discordancia (d)	0.786
-----------------------------------	-------

Conociendo el umbral mínimo de concordancia (c) se determina la *matriz de dominancia concordante*, de modo que los elementos de esta matriz toman el valor 1 cuando los elementos de la matriz de índices de concordancia son mayores que c y el valor 0 cuando son menores o iguales a c.

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Alternativa 1	-	0	0
Alternativa 2	1	-	0
Alternativa 3	1	1	-

Por otro lado, conociendo el umbral máximo de discordancia (d) se determina la *matriz de dominancia discordante*, de modo que los elementos de esta matriz toman el valor 1 cuando los elementos de la matriz de índices de discordancia son menores que d y el valor 0 cuando son mayores o iguales a d.



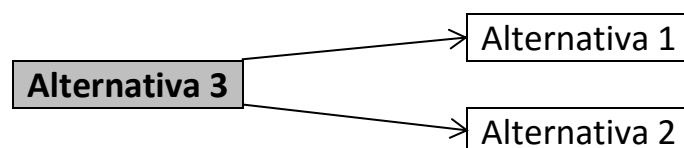
	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Alternativa 1	-	0	0
Alternativa 2	0	-	0
Alternativa 3	1	1	-

A partir de estas dos matrices se determina la *matriz de dominancia agregada*, tomando sus elementos el valor 1 cuando los elementos homólogos de las dos matrices anteriores son 1, y tomando el valor 0 en el resto de los casos. Al igual que en las anteriores matrices, en esta nueva matriz tampoco existen valores en la diagonal principal.

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Alternativa 1	-	0	0
Alternativa 2	0	-	0
Alternativa 3	1	1	-

Por último se determinará el grafo Electre, trazando una flecha de una alternativa a otra si y sólo si el correspondiente elemento de la matriz de dominancia agregada es 1, constituyendo por tanto este grafo una representación gráfica de la ordenación parcial de preferencias de las alternativas consideradas.

*Grafo Electre:*



Siguiendo el método Electre se llega a que la mejor alternativa es la Alternativa 3, la cual se encuentra entre la piscina termal y el balneario, en el lugar más amplio del entorno y donde más cantidad de gente se concentra, la mejor valorada también según los dos métodos anteriores y, por tanto, la que consideremos como ubicación óptima en planta.

## 6. PASARELA: MATERIAL A EMPLEAR

En este apartado se va a tratar de determinar mediante análisis multicriterio cuál será el material que mejor se adapte a los objetivos de nuestro proyecto, teniendo en cuenta las características de cada uno de ellos y los criterios a evaluar.

### 6.1. Descripción de los materiales

#### 6.1.1. Hormigón

El hormigón es un material muy empleado por ser habitualmente el más barato, aunque su utilización en pasarelas es mucho menos frecuente.

Su principal ventaja es su gran resistencia a compresión, frente a la mala resistencia a tracción, pero por el contrario precisa de secciones mayores que otros materiales, por lo que posee un gran peso propio, produciéndose esfuerzos mayores.

Al emplear hormigón aumenta la complejidad en la ejecución y los plazos, debido a la necesidad de disponer cimbras y encofrados para el hormigonado in situ, así como respetar los tiempos tanto de fraguado como de curado del hormigón.

Su estética es mala lo cual impide una correcta integración en el paisaje.

#### 6.1.2. Madera

La madera, en contraposición con el hormigón, se trata de un material muy estético y que se integra perfectamente en paisajes naturales como en el que nos encontramos.

Es un material caro y también resistente y duradero si se trata y mantiene adecuadamente. Presenta también una buena relación resistencia-peso y posee una sencillez de diseño, fabricación y puesta en obra.

Desde que se desarrolló la tecnología de la madera laminada, el problema de la limitación de la luz a cubrir, por el tamaño de la madera aserrada, desaparece.



### 6.1.3. Acero

El acero presenta un excelente comportamiento estructural, tanto a tracción como a compresión, con el que podemos conseguir estructuras esbeltas y con un peso propio reducido. Se trata, pues, de un buen material desde el punto de vista técnico.

La esbeltez y la posibilidad de ser pintado hacen que podamos conseguir estructuras muy estéticas y que se integren bien en el entorno.

Este material se adapta a cualquier tipología, y además puede ser fabricado en taller, transportado directamente a la obra y ensamblado en ella rápidamente mediante uniones atornilladas o soldadas. Su montaje es rápido y sencillo por lo que se disminuyen plazos de ejecución de la obra.

## 6.2. Criterios de evaluación

De igual manera que a la hora de valorar las alternativas en planta, nos volvemos a encontrar ahora de nuevo que existen criterios para evaluar los materiales a emplear cuya valoración es subjetiva dependiendo del punto de vista de cada individuo, tales como la estética y adaptación al medio natural.

Llevaremos a cabo un estudio de los materiales a emplear siguiendo los siguientes criterios para determinar cuál de ellos será el óptimo:

- Estético.
- Económico.
- Técnico.

### 6.2.1. Estético

El criterio estético es el más importante a valorar en nuestro proyecto debido al entorno natural en el que nos encontramos, el cual debemos conservar y proteger. La adaptación al medio natural debe ser lo mejor posible y por ello este criterio se ponderará con un peso del 50%.

Pese a ser un criterio difícilmente valorable de forma objetiva, se tendrá en cuenta cómo cada material se podría adaptar a la zona de proyecto, por lo que se considera que la Alternativa 1 (Hormigón) es la menos estética de todas y se valorará con 1 punto. Por otra parte tenemos la Alternativa 2 (Madera), que posee una integración inmejorable en el entorno y será puntuada con 10 puntos. Por último, la Alternativa 3 (Acero), presenta una buena adaptación al medio natural debido a la posibilidad de ser pintado, pero peor que la madera por el hecho de no ser natural, y, por tanto, se puntuará con 7 puntos.

### 6.2.2. Económico

Al tratarse de un proyecto de carácter académico, el criterio económico no será considerado tan importante como en un proyecto real, por lo que tendrá un peso del 20%.

Debemos tener en cuenta, además, que los precios en la construcción pueden variar en función de la empresa constructora o de los medios auxiliares y herramientas de que se disponga.

Por tanto, para poder evaluar cada material se realizará una comparativa basándonos en estimaciones de rendimientos públicos y utilizando precios de productos de empresas cercanas.



		MADERA		ACERO		HORMIGÓN	
PILARES		4 PILARES  V-280x220		4 PILARES  2xUPN 120(II)(500)		4 PILARES  30x30 HA-25, Acero B-400	
AREA	0.061 m2	% Respecto a la const. con madera	0.013 m2	% Respecto a la const. con madera	0.09 m2	% Respecto a la const. con madera	
		100%		21.31%		147.54%	
PESO	155.50 KG	% Respecto a la const. con madera	134.00 KG	% Respecto a la const. con madera	1125 KG	% Respecto a la const. con madera	
		100%		86.15%		723.47%	
PRECIO/M2 (Con colocación)	295.06 € (Precio madera: 600 €/m3)	% Respecto a la const. con madera	227.80 € (Precio acero: 0.83 €/kg)	% Respecto a la const. con madera	138.22 € (Precio hormigón: 73.34 €/m3)	% Respecto a la const. con madera	
		100%		77.20 %		46.84 %	
Precio TOTAL soportes verticales		1180,24 €		911,20 €		552,88 €	
VIGAS		2 Jácenas 2 Zunchos  V-280x200  V-180x200		2 Jácenas 2 Zunchos  IPE 300  IPE 200		2 Jácenas 2 Zunchos  35x40  30x30	
AREA	0.088 m2	% Respecto a la const. con madera	0.065 m2	% Respecto a la const. con madera	0.23 m2	% Respecto a la const. con madera	
		100%		73.86%		261.36 %	
PESO	224.32 KG	% Respecto a la const. con madera	323 KG	% Respecto a la const. con madera	2875 KG	% Respecto a la const. con madera	
		100%		146.81 %		1306.81 %	
PRECIO/M2 (Con colocación)	333.28 € (Precio madera: 600 €/m3)	% Respecto a la const. con madera	549.10 € (Precio acero: 0.83 €/kg)	% Respecto a la const. con madera	413.10 € (Precio hormigón: 73.34 €/m3)	% Respecto a la const. con madera	
		100%		164.75 %		123.95 %	
Precio TOTAL Vigas principales		666,56 €		1098,2 €		826,2 €	
FORJADOS		4 Viguetas  VIGUETAS MADERA LAMINADA		6 Viguetas  Serie de perfiles IPE Canto de bovedilla: 30 cm Bovedilla: bovedilla poliestireno		6 Viguetas  D16-4 AUTOREGRESANTES (seco) Tipo de bovedilla: De hormigón Canto del forjado: 29 x 25 x 4 (cm)	
AREA	0.035 m2	% Respecto a la const. con madera	0.015 m2	% Respecto a la const. con madera	0.020 m2	% Respecto a la const. con madera	
		100%		42.85 %		56.57%	
PESO	89.22 Kg	% Respecto a la const. con madera	109.50 Kg	% Respecto a la const. con madera	172.605 Kg	% Respecto a la const. con madera	
		100%		122.73 %		193.46 %	
PRECIO/M2 (Con colocación)	40.35 € (Precio madera: 600 €/m3 Precio Tablero: 12 €/m2)	% Respecto a la const. con madera	22.28 €	% Respecto a la const. con madera	28.8 €	% Respecto a la const. con madera	
		100%		55.21 %		71.37 %	
Precio TOTAL forjado (Copa de compresión incl.)		1140.00 €		557 €		720 €	

	MADERA	ACERO	HORMIGÓN
PRECIO FINAL Y PORCENTAJE RESPECTO A LA CONSTRUCCIÓN CON MADERA	2986.80 €	2566.40 €	2099.08 €
	100 %	85.92 %	70.27 %

Para realizar la valoración económica de los tres materiales se ha realizado la suma de los precios por metro cuadrado de cada uno de ellos, obteniéndose que la Alternativa 2 (Madera) es la más cara y, por tanto, será puntuada con 1 punto. Por otro lado se obtiene que la Alternativa 1 (Hormigón) es el material más barato, con lo cual tendrá una puntuación de 10 puntos, y, por último, será necesario interpolar linealmente para obtener la puntuación de la Alternativa 3 (Acero), la cual será de 5.26 puntos.

### 6.2.3. Técnico

El último criterio a evaluar es el técnico, el cual va a estar ponderado con un peso del 30%. Para analizar este criterio se tendrán en cuenta aspectos como la facilidad de montaje y los plazos de ejecución.

La Alternativa 1 (Hormigón) presenta una gran complejidad de ejecución debido a la necesidad de disponer cimbras y encofrados para el hormigonado in situ, así como respetar los tiempos tanto de fraguado como de curado del hormigón, por lo que se puntuará con 1 punto.

La Alternativa 2 (Madera) y la Alternativa 3 (Acero) poseen una gran sencillez tanto de diseño como de fabricación y puesta en obra, disminuyendo en ambos casos, debido a la facilidad de montaje, los plazos de ejecución, y por lo que ambas alternativas serán valoradas con la puntuación máxima, 10 puntos.

### 6.3. Elección del material óptimo

Para tomar una decisión acerca del material óptimo a elegir se va a proceder a realizar un análisis multicriterio de las alternativas elegidas según los criterios anteriormente expuestos: estético, económico y técnico.

Para ello, se empleará el método de las Medias Ponderadas, el método PRESS y el método Electre.





### 6.3.1. Método de las Medias Ponderadas

De igual manera que en el caso de la determinación de la ubicación en planta, la formulación del modelo para la elección del material a emplear se realiza partiendo de las 3 alternativas propuestas que van a ser evaluadas según los criterios expuestos anteriormente con los siguientes pesos específicos:

Criterio	Peso
Estético	0.50
Económico	0.20
Técnico	0.30

Ahora se determinarán las matrices decisional, homogenizada y de valores ponderados igual que se realizó en el caso de la determinación de la ubicación en planta.

*Matriz decisional:*

	Alternativa 1 (Hormigón)	Alternativa 2 (Madera)	Alternativa 3 (Acero)
Estético	1	10	7
Económico	10	1	5.26
Técnico	1	10	10

*Matriz homogenizada:*

	Alternativa 1 (Hormigón)	Alternativa 2 (Madera)	Alternativa 3 (Acero)
Estético	0	1	0.667
Económico	1	0	0.473
Técnico	0	1	1

*Matriz de valores ponderados:*

	Alternativa 1 (Hormigón)	Alternativa 2 (Madera)	Alternativa 3 (Acero)
Estético	0	0.5	0.333
Económico	0.2	0	0.095
Técnico	0	0.3	0.3

Así, la valoración total de cada alternativa supone realizar la suma de los valores ponderados, siendo la alternativa mejor valorada:

Alternativa 1 (Hormigón)	0.2
<b>Alternativa 2 (Madera)</b>	<b>0.8</b>
Alternativa 3 (Acero)	0.728

Por tanto, con el método de las Medias Ponderadas se obtiene que la mejor alternativa es la Alternativa 2 (Madera).

### 6.3.2. Método PRESS

Este método trata de determinar la alternativa más favorable estableciendo las relaciones entre las alternativas para cada uno de los criterios establecidos. De este modo, el método busca la elección óptima de la alternativa que es mejor que las demás en el mayor número posible de criterios y que tiene menores debilidades.

Se establecen los criterios y sus correspondientes pesos específicos, se valoran los criterios para cada una de las alternativas, se homogenizan y se ponderan igual que en el caso anterior, por lo que las matrices decisional, homogenizada y de valores ponderados serán las mismas que en el método de las Medias Ponderadas.

A partir de la matriz de valores ponderados se debe determinar la *matriz de dominación*, cuyos valores vienen dados por la suma de las diferencias de los valores para cada criterio y alternativa:



	Alternativa 1 (Hormigón)	Alternativa 2 (Madera)	Alternativa 3 (Acero)	$D_i$
Alternativa 1 (Hormigón)	0	0.2	0.105	0.305
Alternativa 2 (Madera)	0.8	0	0.167	0.967
Alternativa 3 (Acero)	0.633	0.095	0	0.728
$d_i$	1.433	0.295	0.272	

A partir de esta matriz se han obtenido los valores  $D_i$  como suma de las filas de la matriz de dominación (determina la prelación de la alternativa  $i$  respecto del resto) y los valores  $d_i$  como suma de las correspondientes columnas (determina las ventajas del resto de las alternativas respecto a la alternativa estudiada).

Para concluir, se debe determinar la relación entre  $D_i$  y  $d_i$  para todas las alternativas, siendo la solución óptima el valor  $\text{Máx}(D_i/d_i)$ ,  $i=1,3$ :

	Valor $D_i/d_i$
Alternativa 1 (Hormigón)	0.213
<b>Alternativa 2 (Madera)</b>	<b>3.281</b>
Alternativa 3 (Acero)	2.676

Por lo tanto, mediante el método PRESS se vuelve a obtener que la Alternativa 2 (Madera) es la alternativa óptima.

### 6.3.3. Método Electre

El método Electre consiste, en términos generales, en comparar las alternativas de dos en dos, considerando una preferentemente superior a la otra cuando se cumple la condición de concordancia, es decir, el peso de los criterios para los que es igual o superior es suficientemente grande, y la condición de discordancia, es decir, no existe ningún criterio para el que sea todavía peor.

Como en los anteriores dos métodos, se debe partir de la matriz decisional, la cual hay que homogenizar y calcular después la matriz de valores ponderados, siendo estas matrices exactamente las mismas que en los dos métodos anteriores.

Con la matriz decisional y los pesos de cada criterio se calcula la *matriz de índices de concordancia*, de modo que el índice de concordancia entre dos alternativas  $a_i$  y  $a_k$  se obtiene sumando los pesos de los criterios para los que la alternativa  $a_i$  es igual o superior a la alternativa  $a_k$ , asignándose la mitad del peso a cada alternativa en caso de existir empate entre ellas. Sus valores deben estar comprendidos entre 0 y 1 y la suma de los elementos simétricos respecto a la diagonal principal debe ser 1, no existiendo valores en la diagonal principal.

	Alternativa 1 (Hormigón)	Alternativa 2 (Madera)	Alternativa 3 (Acero)
Alternativa 1 (Hormigón)	-	0.2	0.2
Alternativa 2 (Madera)	0.8	-	0.65
Alternativa 3 (Acero)	0.8	0.35	-

Ahora se debe calcular la *matriz de índices de discordancia*, obteniéndose el índice de discordancia entre dos alternativas  $a_i$  y  $a_k$  como el cociente de la diferencia mayor de los criterios para los que la alternativa  $a_i$  está dominada por la alternativa  $a_k$  entre la mayor diferencia en valor absoluto entre los resultados alcanzados por la alternativa  $a_i$  y  $a_k$ . Sus valores también deben estar comprendidos entre 0 y 1 sin existir valores en la diagonal principal.

	Alternativa 1 (Hormigón)	Alternativa 2 (Madera)	Alternativa 3 (Acero)
Alternativa 1 (Hormigón)	-	1	1
Alternativa 2 (Madera)	0.4	-	0.568
Alternativa 3 (Acero)	0.316	1	-

A partir de estas matrices se calculan el *umbral mínimo de concordancia* ( $c$ ) y el *umbral máximo de discordancia* ( $d$ ) a partir de los valores medios de los elementos de las matrices de índices de concordancia y de índices de discordancia respectivamente:

Umbral mínimo de concordancia ( $c$ )	0.5
---------------------------------------	-----

Umbral máximo de discordancia ( $d$ )	0.714
---------------------------------------	-------



Conociendo el umbral mínimo de concordancia ( $c$ ) se determina la *matriz de dominancia concordante*, de modo que los elementos de esta matriz toman el valor 1 cuando los elementos de la matriz de índices de concordancia son mayores que  $c$  y el valor 0 cuando son menores o iguales a  $c$ .

	Alternativa 1 (Hormigón)	Alternativa 2 (Madera)	Alternativa 3 (Acero)
Alternativa 1 (Hormigón)	-	0	0
Alternativa 2 (Madera)	1	-	1
Alternativa 3 (Acero)	1	0	-

Por otro lado, conociendo el umbral máximo de discordancia ( $d$ ) se determina la *matriz de dominancia discordante*, de modo que los elementos de esta matriz toman el valor 1 cuando los elementos de la matriz de índices de discordancia son menores que  $d$  y el valor 0 cuando son mayores o iguales a  $d$ .

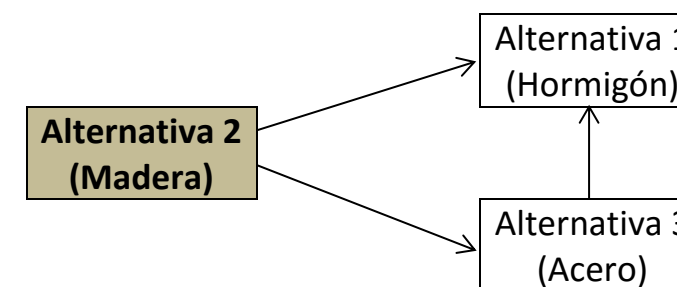
	Alternativa 1 (Hormigón)	Alternativa 2 (Madera)	Alternativa 3 (Acero)
Alternativa 1 (Hormigón)	-	0	0
Alternativa 2 (Madera)	1	-	1
Alternativa 3 (Acero)	1	0	-

A partir de estas dos matrices se determina la *matriz de dominancia agregada*, tomando sus elementos el valor 1 cuando los elementos homólogos de las dos matrices anteriores son 1, y tomando el valor 0 en el resto de los casos. Al igual que en las anteriores matrices, en esta nueva matriz tampoco existen valores en la diagonal principal.

	Alternativa 1 (Hormigón)	Alternativa 2 (Madera)	Alternativa 3 (Acero)
Alternativa 1 (Hormigón)	-	0	0
Alternativa 2 (Madera)	1	-	1
Alternativa 3 (Acero)	1	0	-

Por último se determinará el grafo Electre, trazando una flecha de una alternativa a otra si y sólo si el correspondiente elemento de la matriz de dominancia agregada es 1, constituyendo por tanto este grafo una representación gráfica de la ordenación parcial de preferencias de las alternativas consideradas.

*Grafo Electre:*



Por tanto, mediante el método Electre se obtiene que la alternativa óptima es la Alternativa 2 (Madera), al igual que se obtenía también con los métodos de las Medias Ponderadas y PRESS, siendo, por tanto, la madera el material que escojamos a la hora de construir la pasarela, el cual es muy estético y se adapta perfectamente al entorno natural en el que nos encontramos.

## 7. PASARELA: TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL.

En este apartado se va a tratar de decidir cuál será la mejor tipología estructural para la construcción de la pasarela, la cual se deberá adaptar perfectamente al medio natural en el que se va a ubicar.

Para ello se propondrán tres alternativas. Estas alternativas de tipologías estructurales se pueden ver en el *APÉNDICE 08 – 2: PLANOS DE TIPOLOGÍAS ESTRUCTURALES*.

### 7.1. Descripción de las tipologías

Las siguientes tipologías estructurales corresponden a los sistemas estructurales más comunes encontrados en la realidad europea, según el libro *“Puentes de madera”* de Kurt Schwaner.



### 7.1.1. Viga simple

El sistema de viga simple consiste en el principio básico de un puente: la viga que salva una distancia determinada entre dos puntos. Esto se logra a través de una viga de madera aserrada o mediante una viga de madera laminada.

El largo total del puente dependerá del tipo y cantidad de apoyos a que están sujetas las vigas.

Esta solución estructural, al ser la más simple, se torna en la más viable desde el punto de vista económico. Sólo las restricciones en cuanto a la luz máxima aparece como una desventaja, y va a depender del tipo de viga que se utilice (aserrada o laminada).

**Rango de aplicación:** 9 a 15 m.

**Luz libre:** 15 m.

**Ancho de paso:** 3.40 m.

#### Sistema estructural:

Compuesto por dos vigas de madera laminada encolada de 200 x 1200 mm aproximadamente, simplemente apoyadas, con estructura metálica transversal cada 5 m, conformando un marco rígido invertido que evita el volcamiento de las vigas.

#### Plataforma de piso:

Está constituida por una placa tensada, conformada por piezas de madera aserrada de 60 x 200 mm y por barras de acero de 25 mm de diámetro, que la atraviesan transversalmente y están dispuestas cada 45 cm. La carpeta de rodado la compone una capa asfáltica de 4 cm como mínimo, con pendiente transversal del 2%. Ésta se dispone sobre una doble capa de impermeabilización.

Para este tipo de puente es importante considerar el desagüe lateral y la protección total de la viga de madera laminada a través de revestimientos ventilados.

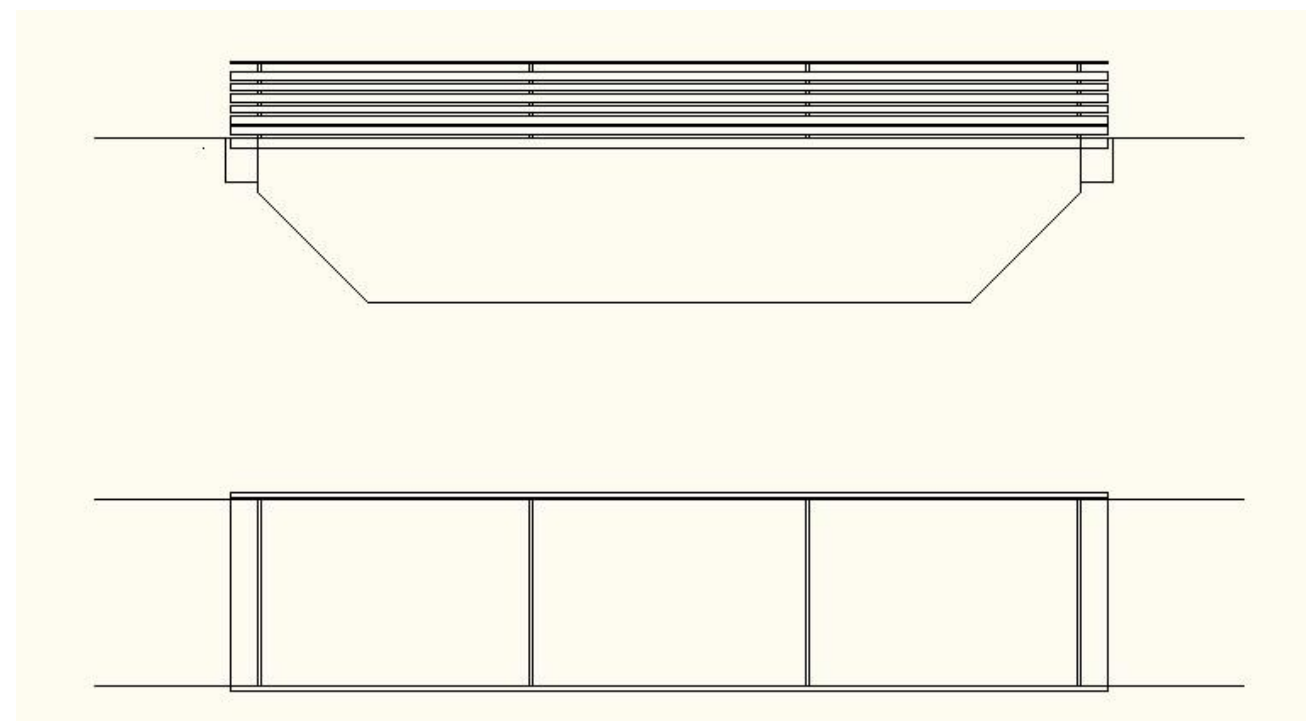


Figura 7.1.1. Esquema viga simple.

### 7.1.2. Viga reticulada

El sistema reticulado consiste en la configuración de vigas planas organizadas por la unión de barras lineales que se unen tratando de alcanzar la máxima convergencia posible de los ejes de las barras que van a cada nudo, creando un sistema triangulado.

En este tipo estructural podemos encontrar la viga de cordones rectos, superior e inferior; la viga que posee el cordón superior curvo y el inferior recto, o ambos cordones curvos.

Generalmente la plataforma de circulación se encuentra en el cordón inferior de la viga reticulada por lo que estos puentes se asocian a puentes cubiertos, ya que al quedar descubierta la estructura principal ésta se protege a través de la techumbre. La incorporación de una cubierta lleva a considerar en el diseño y cálculo la sobrecarga del techo y los efectos del viento sobre éste.

**Rango de aplicación:** 16 a 25 m.

**Luz libre:** 20 m.

**Ancho de paso:** 3 m.



### Sistema estructural:

Consiste en dos vigas reticuladas de madera laminada encolada simplemente apoyadas cuyas secciones deberá determinarlas el cálculo. La techumbre puede quedar compuesta por una estructura de madera aserrada tradicional con revestimiento de tejuela de madera o metálica. Para este tipo de estructuras es importante evitar el volcamiento de las vigas reticuladas. Es por esto que se consideran en cada extremo del puente marcos rígidos de madera laminada, logrando la estabilidad de la estructura.

### Plataforma de piso:

Está constituida por una estructura de vigas de madera laminada transversal y el arriostramiento a través de diagonales metálicas. Sobre esta estructura se considera la colocación de planchas de contrachapado estructural, luego un impermeabilizante, para terminar con una carpeta de rodado compuesta por un entablado diagonal cerrado de madera ranurada.

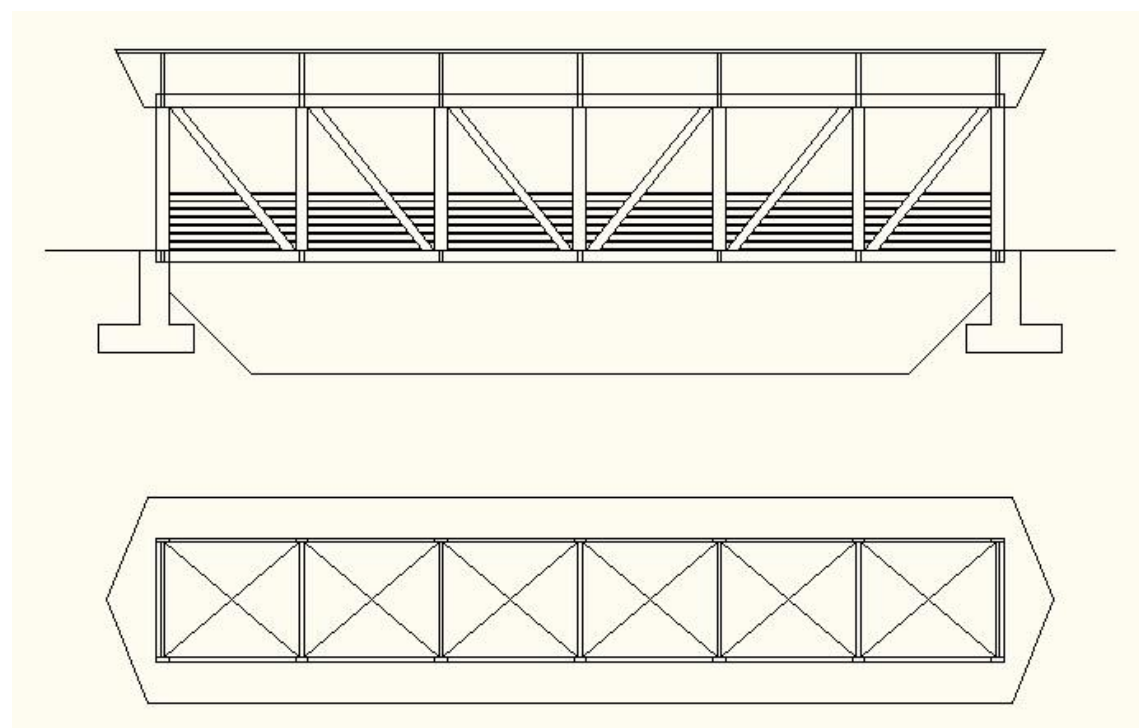


Figura 7.1.2. Esquema viga reticulada.

### 7.1.3. Puente en arco

Bajo el principio de generar una estructura de puente lo más continua posible nace la idea del arco de madera laminada como solución estructural. Generalmente se utiliza el arco triarticulado debido a que es más fácil de transportar y que estructuralmente no presenta problemas en los cimientos, ya que el esfuerzo lateral es mínimo y el esfuerzo horizontal es resistido por estos mismos.

El arco normalmente es una parábola, un círculo o una línea sinusoidal. Éstas se diferencian en su relación entre altura y luz.

La plataforma de circulación puede encontrarse en tres diferentes posiciones:

- *Arco con plataforma sobrepuesta:* la plataforma protege parte de la estructura de arcos.
- *Arco con plataforma intermedia:* la ventaja principal es que la plataforma sirve como arriostramiento entre los dos arcos evitando así el volcamiento de éstos.
- *Arco con plataforma suspendida:* en este caso la estructura queda expuesta a los efectos del clima por lo que los arcos deben ser recubiertos en su totalidad.

**Rango de aplicación:** 20 a 40 m.

**Luz libre:** 30 m.

**Ancho de paso:** 3 m.

### Sistema estructural:

Sistema que consiste en dos arcos triarticulados inclinados de madera laminada de 200/1000 mm, desde los cuales se suspenden vigas transversales metálicas cada 5 m soportando la plataforma de piso.

El arriostramiento de la estructura se produce a través de travesaños de acero tubular y diagonales metálicas que unen los dos arcos y estabilizan la estructura.

### Plataforma de piso:

Está constituida por una placa de madera tensada conformada por piezas de madera aserrada de 60 x 200 mm, atravesadas por barras de acero de alta calidad. Sobre esta placa se coloca una doble capa de impermeabilizante, para luego recibir la capa asfáltica de 4 cm de espesor como mínimo.

La estructura principal queda totalmente protegida por un revestimiento de entablado de madera ventilado y recubrimientos de hojalatería en la parte superior de los arcos.

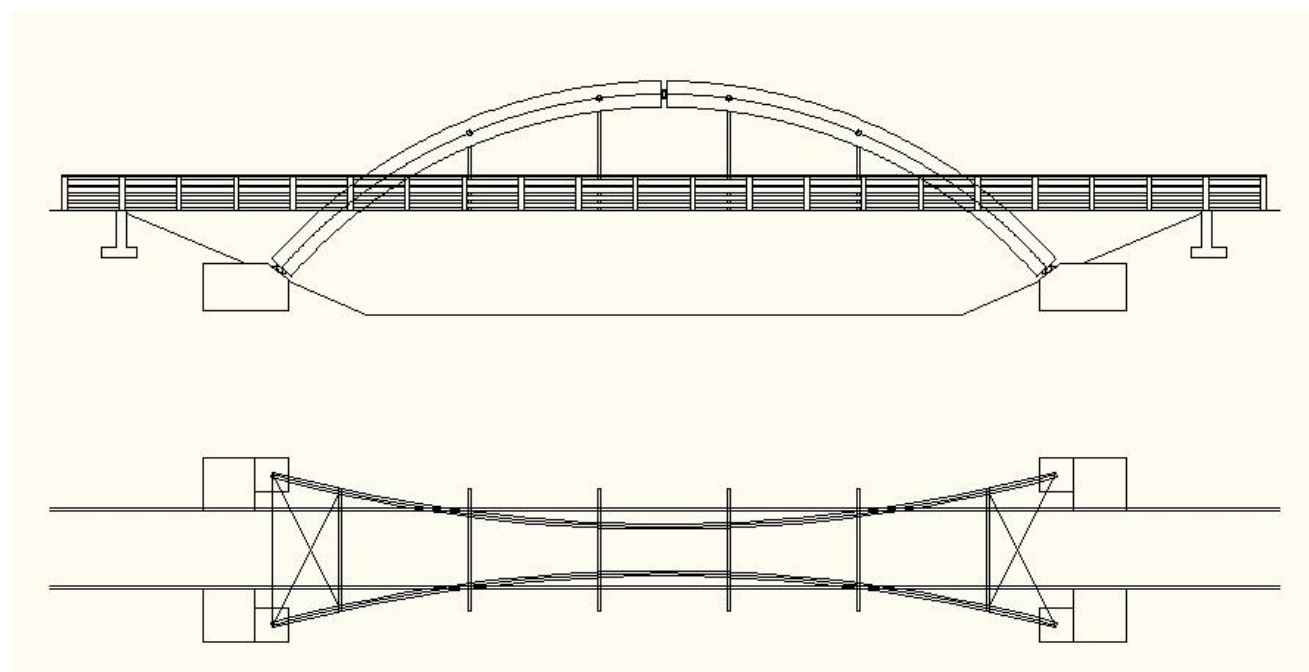


Figura 7.1.3. Esquema puente en arco.

### 7.2. Elección de la tipología estructural óptima

La elección de la tipología estructural va a determinar el coste de la obra pero también otros aspectos como la estética de la pasarela, por ello, la elección de la tipología estructural se trata de una decisión que tiene una gran importancia.

Los criterios que se deben tener en cuenta son:

- *Estructurales*: elegir una tipología en consonancia con la magnitud de la luz a salvar, congeniando los criterios estéticos con los económicos.
- *Facilidad de construcción*.
- *Estéticos*: la solución adoptada debe integrarse en el entorno.
- *Económicos*: que se cumpla todo lo anterior con el menor coste posible.

Estructuralmente, se debe tener en cuenta la luz a salvar de la alternativa elegida en planta, que ha sido la Alternativa 3, que se ubica entre la piscina termal y el balneario, en la zona más amplia del entorno y en la que se concentra un mayor número de usuarios. Esta alternativa debe salvar una luz de 28.50 metros.

Por otra parte, al estudiar cada una de las tipologías estructurales, nos hemos encontrado con unos rangos de aplicación distintos en función de la tipología estructural, los cuales limitan la luz a salvar por la estructura.

Por tanto, debido a esta limitación impuesta por los 28.50 m de luz que debe salvar la pasarela, debemos descartar las Alternativas 1 y 2 (viga simple y viga reticulada) y obtenemos que la Alternativa 3 (Puente en arco) está dentro del rango de aplicación y por tanto será la tipología estructural elegida.

## 8. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

A lo largo del presente anejo se han comentado las decisiones tomadas en cuanto a la elección de la ubicación óptima en planta de la pasarela, los materiales a emplear en su construcción y la tipología estructural adecuada.

Por tanto, el objetivo de este apartado consiste en resumir las características que va a poseer la pasarela.



De los resultados de los apartados anteriores se ha obtenido que la pasarela deberá tener las siguientes características:

Ubicación:

La pasarela se ubicará en la zona más amplia del entorno y en donde existe mayor concentración de usuarios, entre la piscina termal y el balneario. Esta ubicación corresponde a la Alternativa 3.

Luz a salvar:

La luz a salvar por la pasarela (luz a salvar por la Alternativa 3) será de 28.50 m.

Material:

Se empleará la madera para la construcción de la pasarela, un material muy estético y que se integra perfectamente en los entornos naturales como en el que nos encontramos.

Se trata de un material caro pero que también es resistente y duradero si se trata y mantiene adecuadamente. Presenta además una buena relación resistencia-peso y posee una gran sencillez de diseño, fabricación y puesta en obra.

Tipología estructural:

Se empleará el puente en arco, con dos arcos triarticulados inclinados de madera laminada, como solución estructural.

La solución de puente en arco es la que se encuentra en el rango de aplicación en cuanto a luz a salvar, y por ello será la solución adoptada.

Ancho de paso:

Siguiendo las recomendaciones mínimas que establece la normativa que se explicó previamente en cuanto a la anchura efectiva del tablero, se considera disponer un ancho efectivo de tablero de 3 m.

Con estas características la pasarela se adapta perfectamente a los datos proporcionados en el libro *“Puentes de madera”* de Kurt Schwaner, por lo que se tomará este libro como referencia para el diseño de nuestra pasarela, en cuanto a medidas se refiere.



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE  
INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES  
Y PUERTOS DE A CORUÑA



FUNDACIÓN DE LA  
INGENIERIA CIVIL  
DE GALICIA



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

**José Luis Rodríguez Rodríguez**  
**JUNIO 2016**

# **-Apéndice 08-1-**

## **PLANOS DE ALTERNATIVAS EN PLANTA**





ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE  
INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES  
Y PUERTOS DE A CORUÑA



FUNDACIÓN DE LA  
INGENIERIA CIVIL  
DE GALICIA



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

**José Luis Rodríguez Rodríguez**  
**JUNIO 2016**

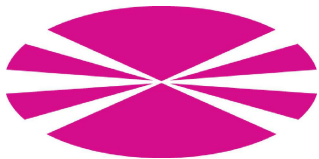
# ÍNDICE

## 1. PLANOS DE ALTERNATIVAS EN PLANTA

- 1.1. ALTERNATIVA 1
- 1.2. ALTERNATIVA 2
- 1.3. ALTERNATIVA 3
- 1.4. ALTERNATIVAS EN PLANTA



Caminos
<div></div>
Zona de Flujo Preferente
<div></div>
Alternativa 1 de ubicación en planta
<div></div>



Universidade  
da Coruña



E.T.S. de Ingenieros de  
Caminos, Canales y  
Puertos

Autor del proyecto:

José Luis Rodríguez Rodríguez

Título del proyecto:

Mejora de los márgenes y pasarela  
sobre el Río Caldo - Concello de Lobios  
(Ourense)

Título del plano:

Alternativas en planta

Fecha:

Junio 2016

Escala:

1/500

Nº Plano:

1

Hoja:

1 de 4

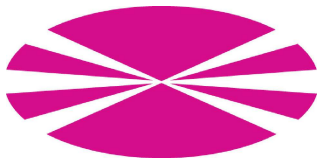


Caminos
<div></div>
Avenida para T=100 años
<div></div>
Alternativa 2 de ubicación en planta
<div></div>
Muro
<div></div>





Caminos
<div></div>
Avenida para T=100 años
<div></div>
Alternativa 3 de ubicación en planta
<div></div>
Zona de limpieza del cauce
<div></div>



Universidade  
da Coruña



E.T.S. de Ingenieros de  
Caminos, Canales y  
Puertos

Autor del proyecto:

José Luis Rodríguez Rodríguez

Título del proyecto:

Mejora de los márgenes y pasarela  
sobre el Río Caldo - Concello de Lobios  
(Ourense)

Título del plano:

Alternativas en planta

Fecha:

Junio 2016

Escala:

1/1000

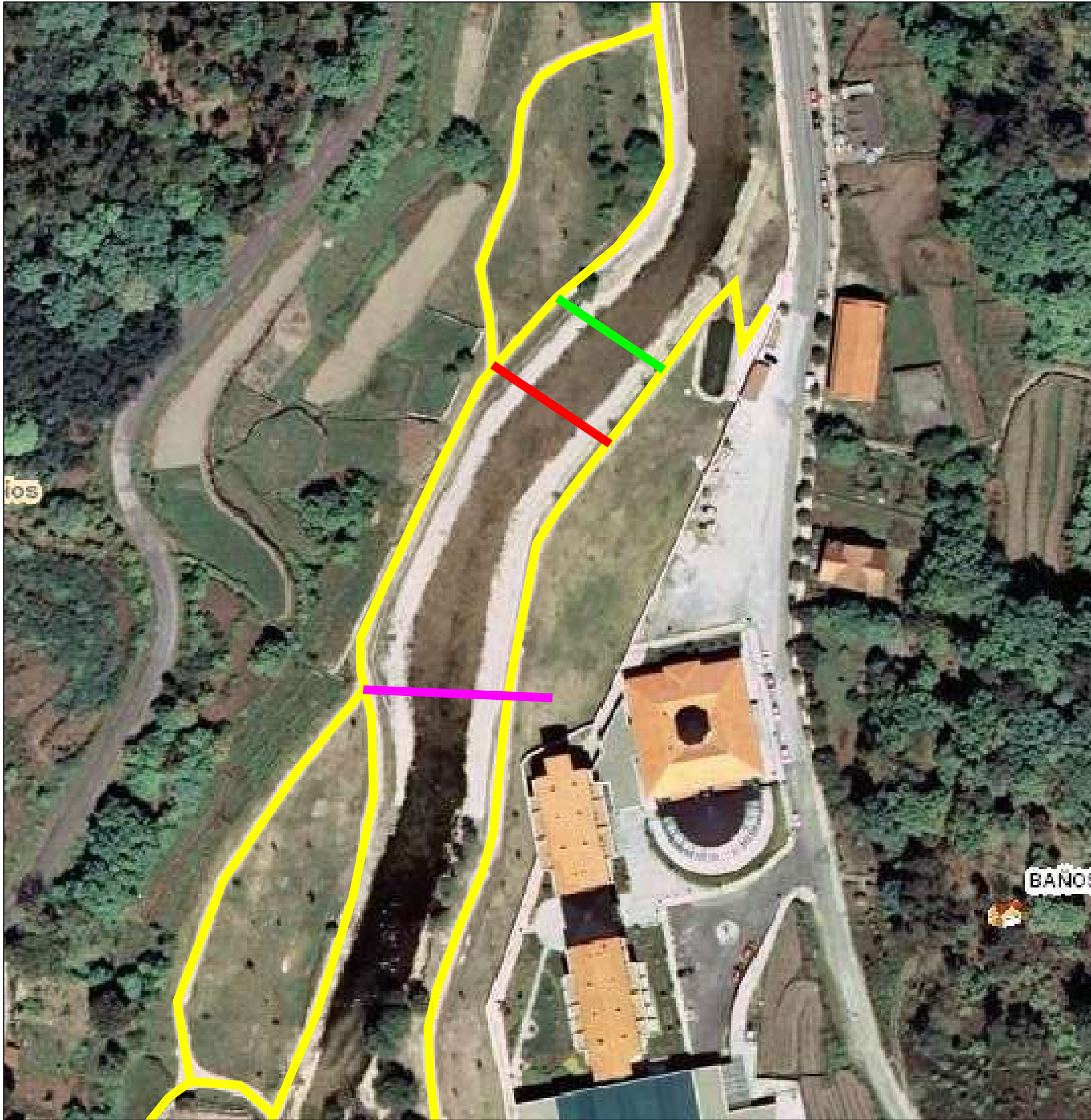
Nº Plano:

1

Hoja:

3 de 4





## Caminos



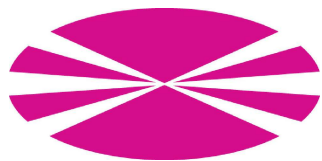
Alternativa 1 de ubicación en planta



Alternativa 2 de ubicación en planta



Alternativa 3 de ubicación en planta



Universidade  
da Coruña



E.T.S. de Ingenieros de  
Caminos, Canales y  
Puertos

Autor del proyecto:

José Luis Rodríguez Rodríguez

Título del proyecto:

Mejora de los márgenes y pasarela  
sobre el Río Caldo - Concello de Lobios  
(Ourense)

Título del plano:

Alternativas en planta

Fecha:

Junio 2016

Escala:

1/1000

Nº Plano:

1

Hoja:

4 de 4



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE  
INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES  
Y PUERTOS DE A CORUÑA



FUNDACIÓN DE LA  
INGENIERIA CIVIL  
DE GALICIA



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

**José Luis Rodríguez Rodríguez**  
**JUNIO 2016**

# **-Apéndice 08-2-**

## **PLANOS DE TIPOLOGÍAS ESTRUCTURALES**



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE  
INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES  
Y PUERTOS DE A CORUÑA



FUNDACIÓN DE LA  
INGENIERIA CIVIL  
DE GALICIA



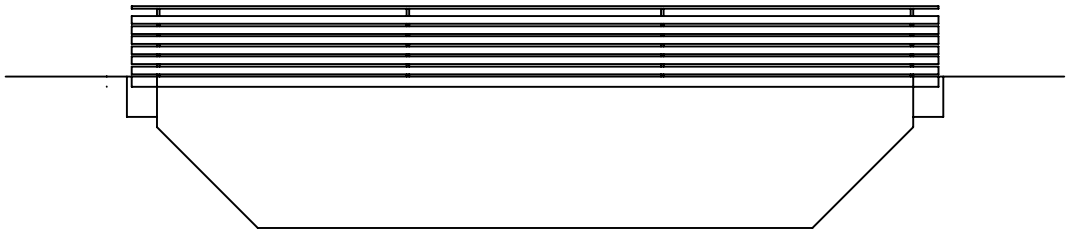
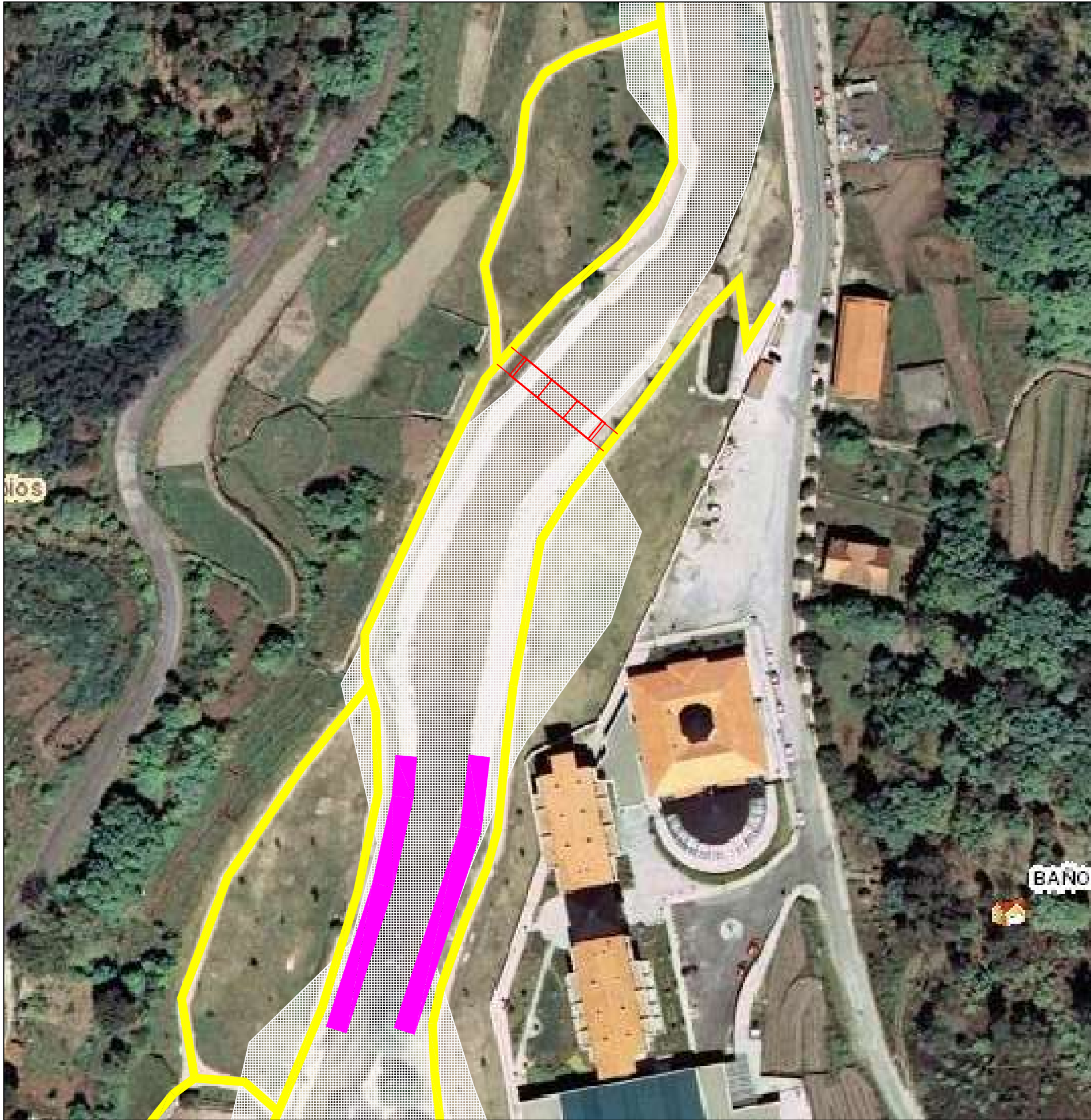
UNIVERSIDADE DA CORUÑA

**José Luis Rodríguez Rodríguez**  
**JUNIO 2016**

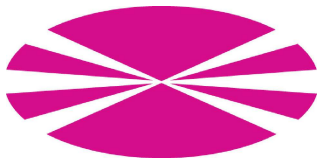
# ÍNDICE

## 1. PLANOS DE TIPOLOGÍAS ESTRUCTURALES

- 1.1. VIGA SIMPLE
- 1.2. VIGA RETICULADA
- 1.3. PUENTE EN ARCO



Caminos	
Avenida para T=100 años	
Zona de limpieza del cauce	



Universidade  
da Coruña



E.T.S. de Ingenieros de  
Caminos, Canales y  
Puertos

Autor del proyecto:

José Luis Rodríguez Rodríguez



Título del proyecto:

Mejora de los márgenes y pasarela  
sobre el Río Caldo - Concello de Lobios  
(Ourense)

Título del plano:

Tipologías estructurales. Viga simple

Fecha:

Junio 2016

Escala:

1/1000

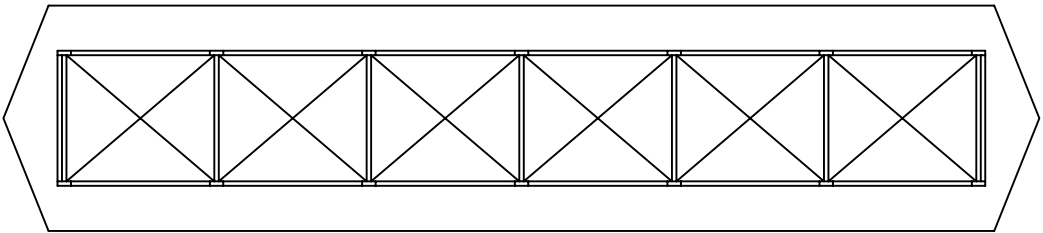
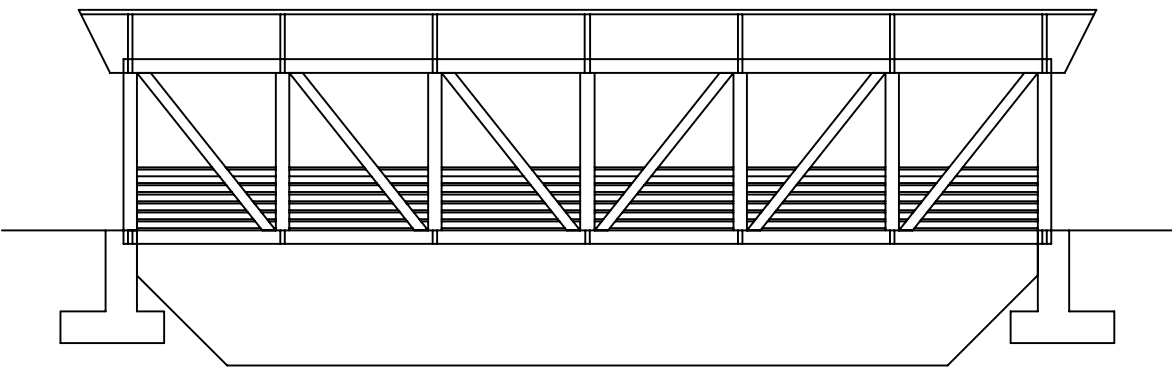
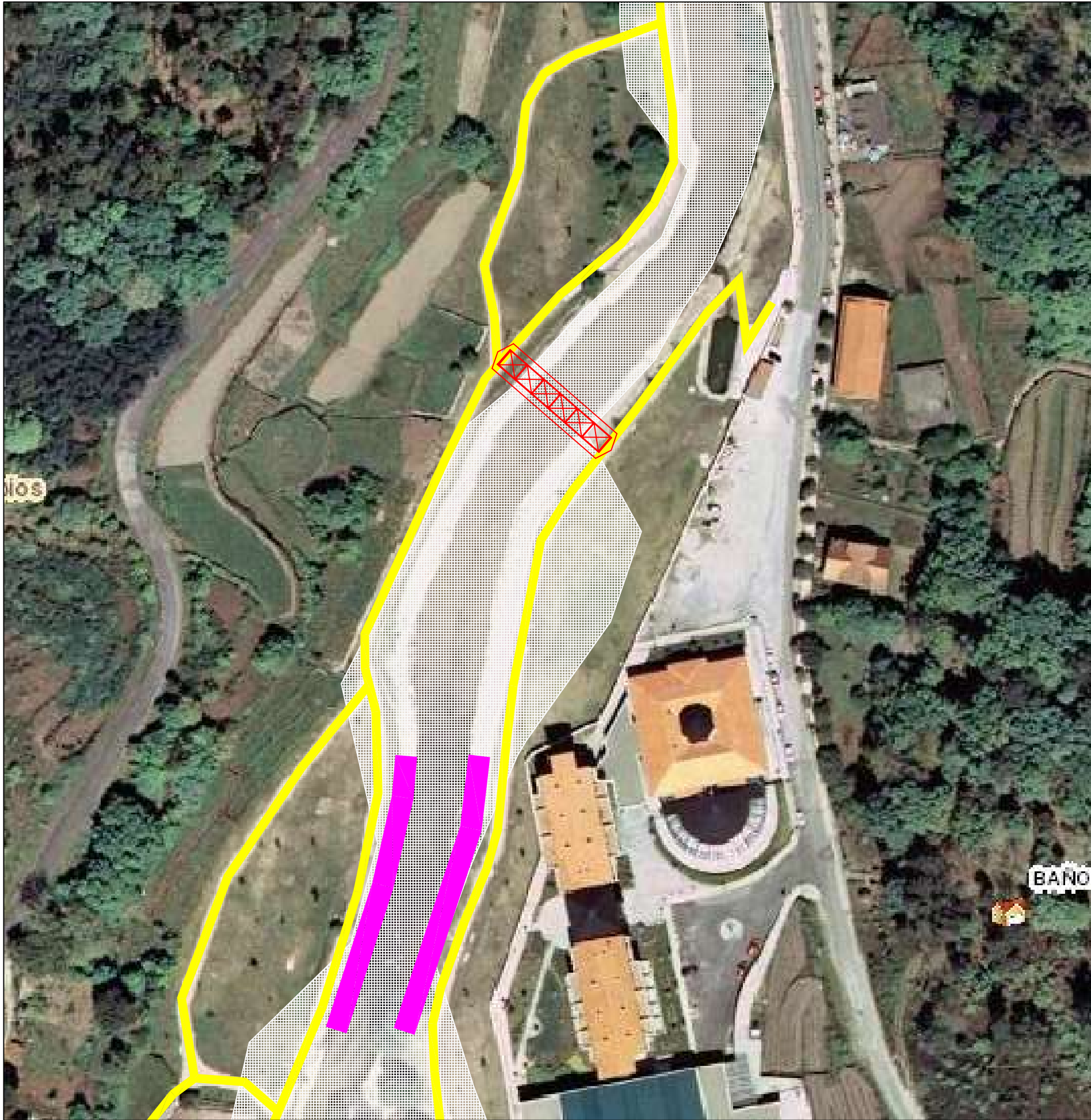
Nº Plano:



1

Hoja:

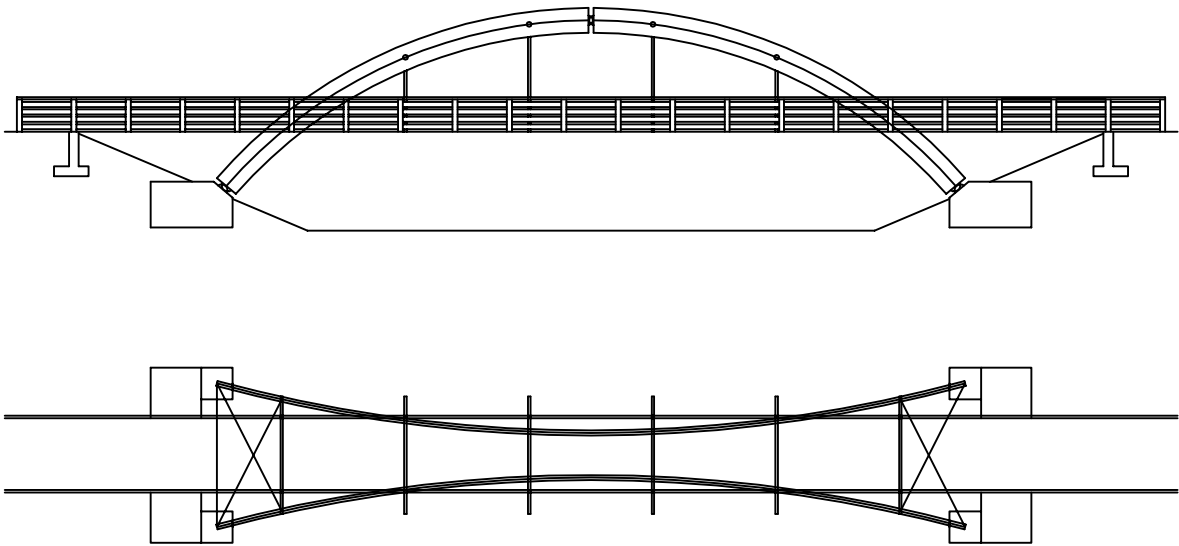
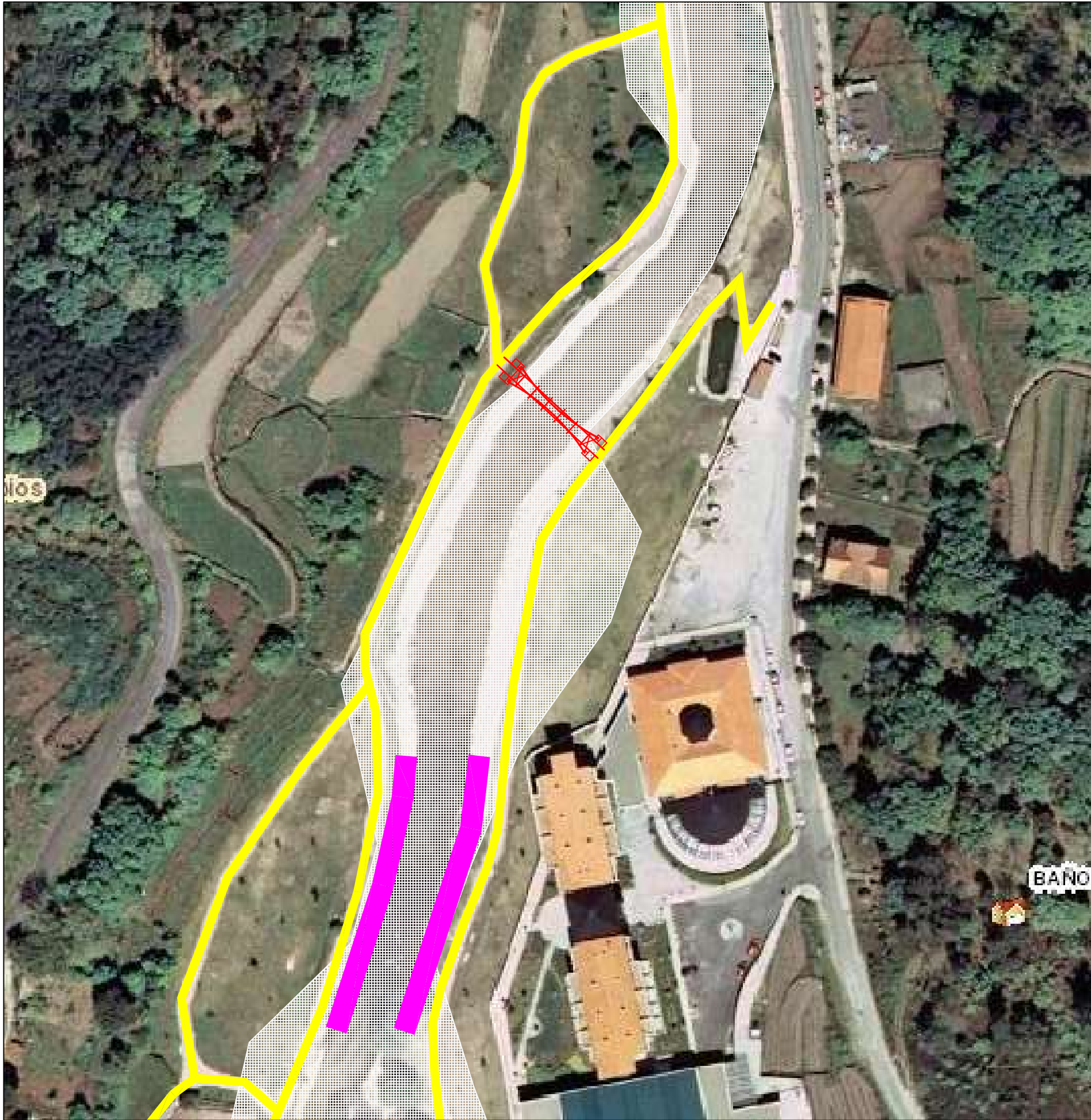
1 de 3



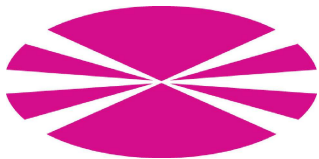


Caminos	
Avenida para T=100 años	
Zona de limpieza del cauce	





Caminos	
Avenida para T=100 años	
Zona de limpieza del cauce	



Universidade  
da Coruña



E.T.S. de Ingenieros de  
Caminos, Canales y  
Puertos

Autor del proyecto:

José Luis Rodríguez Rodríguez

Título del proyecto:

Mejora de los márgenes y pasarela  
sobre el Río Caldo - Concello de Lobios  
(Ourense)

Título del plano:

Tipologías estructurales. Puente en arco

Fecha:

Junio 2016

Escala:

1/1000

Nº Plano:

1

Hoja:

3 de 3



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE  
INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES  
Y PUERTOS DE A CORUÑA



FUNDACIÓN DE LA  
INGENIERIA CIVIL  
DE GALICIA



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

**José Luis Rodríguez Rodríguez**  
**JUNIO 2016**

# **-Anejo 09-**

# **PLANEAMIENTO**



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE  
INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES  
Y PUERTOS DE A CORUÑA



FUNDACIÓN DE LA  
INGENIERIA CIVIL  
DE GALICIA



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

**José Luis Rodríguez Rodríguez**  
**JUNIO 2016**

# ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN

2. PLANEAMIENTO VIGENTE

3. GESTIÓN DE RIESGOS DE INUNDACIÓN





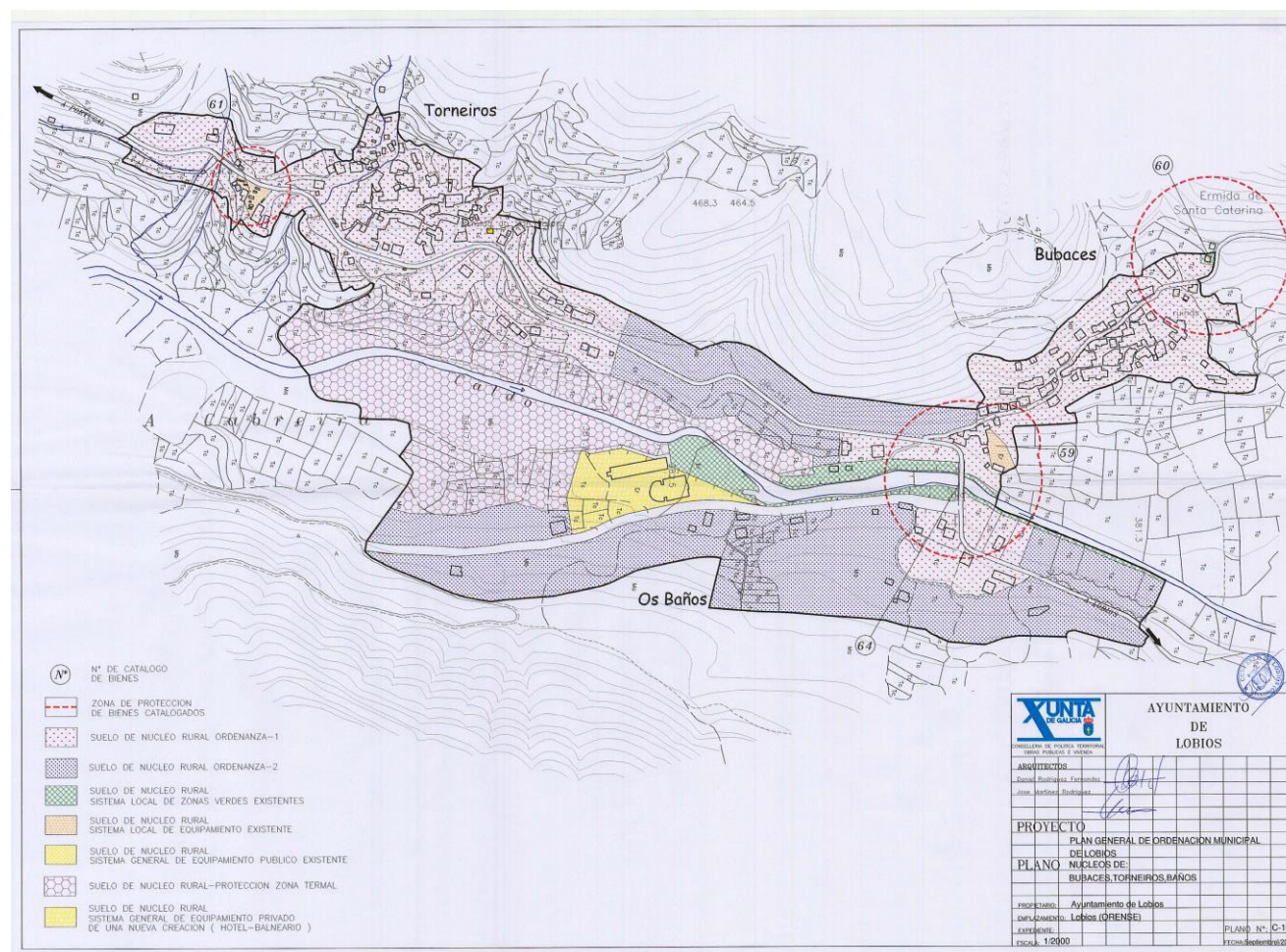
## 1. INTRODUCCIÓN

En este anejo se realiza un análisis del planeamiento del ayuntamiento de Lobios, y más concretamente de la ordenación del entorno de Os Baños, Bubaces y Torneiros.

Se pretende demostrar la adecuación de las obras del presente anteproyecto al planeamiento vigente.

## 2. PLANEAMIENTO VIGENTE

Actualmente la ordenación del ayuntamiento de Lobios se rige por el Plan General de Ordenación Municipal que se aprobó de forma definitiva en Septiembre de 2001.



En este plan se determinan las zonas de nuestra actuación como suelos de núcleo rural, tanto del sistema local de zonas verdes existentes como de protección de zona termal.

Por tanto, para la realización del presente proyecto se debe pedir permiso a las instituciones pertinentes, el ayuntamiento de Lobios y la Confederación Hidrográfica del Miño – Sil.

Además de lo citado en el ANEJO 03: *LEGISLACIÓN Y NORMATIVA* relativo a la normativa de la Confederación Hidrográfica, se debe tener en cuenta también la compatibilidad hidrológica de nuestra zona de proyecto a través de la gestión de riesgos de inundación.

## 3. GESTIÓN DE RIESGOS DE INUNDACIÓN

*DIRECTIVA 2007/60/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 23 de octubre de 2007 relativa a la evaluación y gestión de los riesgos de inundación.*

La presente directiva establece lo siguiente:

Riesgo de inundación: combinación de la probabilidad de que se produzca una inundación y de las posibles consecuencias negativas para la salud humana, el medio ambiente, el patrimonio cultural y la actividad económica, asociadas a una inundación.

Se realizará una evaluación preliminar del riesgo de inundación con objeto de proporcionar una evaluación del riesgo potencial.

Los planes de gestión del riesgo de inundación abarcarán todos los aspectos de la gestión del riesgo de inundación, centrándose en la prevención, protección y preparación, incluidos la previsión de inundaciones y los sistemas de alerta temprana, y teniendo en cuenta las características de la cuenca o subcuenca hidrográfica considerada. Los planes de gestión del riesgo de inundación podrán incluir, asimismo, la promoción de prácticas de uso sostenible del suelo, la mejora de la retención de aguas y la inundación controlada de determinadas zonas en caso de inundación.



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE  
INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES  
Y PUERTOS DE A CORUÑA



FUNDACIÓN DE LA  
INGENIERIA CIVIL  
DE GALICIA



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

**José Luis Rodríguez Rodríguez**  
**JUNIO 2016**

# **-Anejo 10-**

## **SERVICIOS AFECTADOS**

**Mejora de los márgenes y pasarela sobre el Río Caldo – Concello de Lobios (Ourense)**



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE  
INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES  
Y PUERTOS DE A CORUÑA



FUNDACIÓN DE LA  
INGENIERIA CIVIL  
DE GALICIA



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

**José Luis Rodríguez Rodríguez**  
**JUNIO 2016**

# ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN

2. REPOSICIÓN DE PASEOS FLUVIALES

3. REPOSICIÓN DE SERVICIOS AFECTADOS



## **1. INTRODUCCIÓN**

La finalidad de este anejo es describir y valorar los servicios que se verán afectados por las obras y su reposición una vez acabados los trabajos.

Dado que el procedimiento constructivo propuesto no es obligatorio, será el contratista quien defina el mismo y por tanto será él quien resuelva las alteraciones que se deriven de dicho procedimiento.

## **2. REPOSICIÓN DE PASEOS FLUVIALES**

Como consecuencia de la ejecución de las obras y del procedimiento constructivo se afectará a los paseos fluviales de ambas márgenes.

Para ejecutar los estribos es necesario realizar unas excavaciones que afectarán a los paseos fluviales de ambas márgenes.

En la operación de montaje de la estructura será necesario retirar algunos árboles que se volverán a colocar una vez terminada la obra.

## **3. REPOSICIÓN DE SERVICIOS AFECTADOS**

Dado el carácter académico del presente proyecto, no se realiza un estudio exhaustivo de servicios afectados y su reposición posterior que habría que realizar en un proyecto real. Para conocimiento de la dirección de obra y del contratista se indica la presencia de conducciones de electricidad.





ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE  
INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES  
Y PUERTOS DE A CORUÑA



FUNDACIÓN DE LA  
INGENIERIA CIVIL  
DE GALICIA



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

**José Luis Rodríguez Rodríguez**  
**JUNIO 2016**

# **-Anejo 11-**

## **EXPROPIACIONES E INDEMNIZACIONES**

**Mejora de los márgenes y pasarela sobre el Río Caldo – Concello de Lobios (Ourense)**



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE  
INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES  
Y PUERTOS DE A CORUÑA



FUNDACIÓN DE LA  
INGENIERIA CIVIL  
DE GALICIA



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

**José Luis Rodríguez Rodríguez**  
**JUNIO 2016**

# ÍNDICE

## 1. INTRODUCCIÓN

## 2. EXPROPIACIONES E INDEMNIZACIONES



## **1. INTRODUCCIÓN**

Este anejo tiene por objeto definir los terrenos afectados por la construcción de la pasarela, de forma que se determine su carácter público o privado, estudiando el coste de las expropiaciones e indemnizaciones en el último caso.

Será el contratista de la obra el que defina el proceso constructivo y en consecuencia la superficie de terreno a ocupar con sus consiguientes repercusiones económicas. El contratista será el encargado de valorar dichos costes según la legislación vigente.

## **2. EXPROPIACIONES E INDEMNIZACIONES**

Todo el anteproyecto se ubica en terrenos de carácter público, por lo tanto, no será necesario efectuar ningún tipo de expropiación o indemnización.

Como consecuencia de ello, el Presupuesto para Conocimiento de la Administración coincidirá con el Presupuesto Base de Licitación.